



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000046780 A**(43) Date of publication of application: **18.02.00**

(51) Int. Cl.

**G01N 27/26****F02D 41/22****F02D 45/00****G01N 27/02****G01N 27/41**(21) Application number: **10374543**(22) Date of filing: **28.12.98**(30) Priority: **27.05.98 JP 10145822**(71) Applicant: **TOYOTA MOTOR CORP**(72) Inventor: **AOKI KEIICHIRO**(54) **CONTROLLER FOR AIR-FUEL RATIO SENSOR**

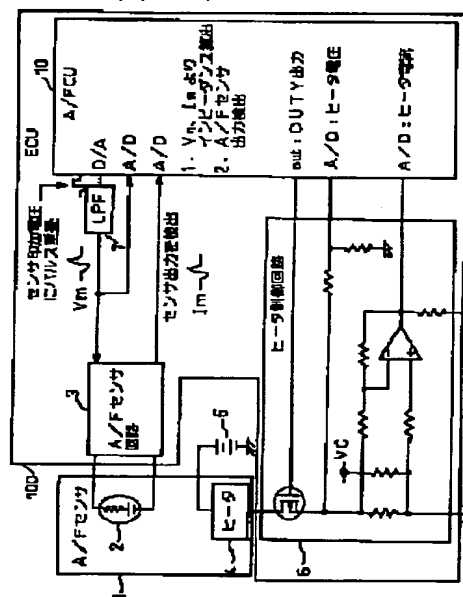
characteristic change of the element 2.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To conduct a decision of a deterioration of a sensor element, a correction of an element temperature control target value, and a correction of an air-fuel ratio by obtaining parameters indicting characteristic change of an air-fuel ratio sensor.

**SOLUTION:** The controller 10 for an air-fuel ratio sensor 1 for detecting a current corresponding to an oxygen concentration in gas to be detected by applying a voltage to a sensor element 2 of the sensor 1 comprises an impedance detecting means 10 for applying AC voltages having a plurality of frequencies to the element 2 to detect an AC impedance of the element 2 for the respective frequencies, and a parameter-calculating means 10 for analyzing the AC impedances of the plurality of the frequencies detected by the impedance detecting means to calculate a parameter indicating





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸素濃度検出素子に電圧を印加することにより被検出ガス中の酸素濃度に対応した電流を該酸素濃度検出素子から検出する空燃比センサの制御装置において、

前記酸素濃度検出素子に複数の周波数の交流電圧を印加し、該周波数の各々に対する該酸素濃度検出素子の交流インピーダンスを検出するインピーダンス検出手段と、前記インピーダンス検出手段により検出された前記複数の周波数の各交流インピーダンスを分析し、前記酸素濃度検出素子の特性変化を示すパラメータを算出するパラメータ算出手段と、を備えたことを特徴とする空燃比センサの制御装置。

【請求項2】 前記パラメータ算出手段により算出された前記パラメータに応じて前記酸素濃度検出素子の故障を判定する故障判定手段を備える請求項1に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項3】 前記パラメータ算出手段により算出された前記パラメータに応じて前記酸素濃度検出素子の出力値から前記被検出ガスの空燃比を算出する空燃比算出手段を備える請求項1に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項4】 前記パラメータ算出手段により算出された前記パラメータに応じて前記酸素濃度検出素子が活性状態であるか否かを判定する活性判定手段を備える請求項1に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項5】 前記パラメータ算出手段により算出された前記パラメータに応じて前記酸素濃度検出素子に付設されたヒータを通電することにより該素子を加熱し該素子の温度を制御する素子温制御手段を備える請求項1に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項6】 前記インピーダンス検出手段は、複数の周波数の内、2つの異なる周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に印加する、請求項1乃至5の何れか1項に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項7】 前記インピーダンス検出手段が、前記酸素濃度検出素子に印加する前記複数の周波数の交流電圧は、単発的なものである、請求項1乃至6の何れか1項に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項8】 前記パラメータ算出手段は、前記複数の周波数の内、2つの異なる周波数に対する前記酸素濃度検出素子の各交流インピーダンスの差から前記パラメータを算出する請求項6または7に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項9】 前記2つの異なる周波数の内、第1の周波数は、前記酸素濃度検出素子の電解質の抵抗を検出する周波数帯域から選択され、第2の周波数は、該酸素濃度検出素子の電極界面抵抗を含むインピーダンスを検出する周波数帯域から選択される請求項6または7に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項10】 前記インピーダンス検出手段は、前記

複数の異なる周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に印加する際、所定の順序で前記周波数を切り換える請求項6または7に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項11】 前記インピーダンス検出手段は、前記複数の異なる周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に印加する際、該周波数に応じてフィルタ定数が切り換えられるフィルタを介して前記交流電圧を印加する請求項6または7に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項12】 前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧が前記酸素濃度検出素子に印加されその印加が終了してから該酸素濃度検出素子から検出される電流値が収束するまでの間、前記フィルタのフィルタ定数を当該周波数に対応するものに設定する請求項11に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項13】 前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧が前記酸素濃度検出素子に印加されその印加が終了してから該酸素濃度検出素子から検出される電流値が収束するまでの間、前記所定周波数と異なる周波数の交流電圧への切り換えを禁止する請求項10乃至12の何れか1項に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項14】 前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧が前記酸素濃度検出素子に印加されてから該酸素濃度検出素子から検出される電流値が収束するまでの間、前記酸素濃度検出素子の出力値からの前記被検出ガスの空燃比の算出を禁止する請求項10乃至12の何れか1項に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項15】 前記空燃比算出手段は、前記複数の周波数の内、最も高い周波数に対する前記酸素濃度検出素子の交流インピーダンスに基づき前記空燃比を算出する請求項3に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項16】 前記活性判定手段は、前記複数の周波数の内、最も高い周波数に対する前記酸素濃度検出素子の交流インピーダンスに基づき前記酸素濃度検出素子が活性状態であるか否かを判定する請求項4に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項17】 前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に1サイクル分印加する際、該交流電圧の第1半サイクルの途中で第2半サイクルに切り換え該第2半サイクルの途中で該交流電圧の印加を解除し、前記第1半サイクル中に前記酸素濃度検出素子へ印加される電圧とその時に該酸素濃度検出素子を流れる電流とを測定して前記交流インピーダンスを算出する請求項6、8、11、12、13または14に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項18】 前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に1サイクル分印加する際、該交流電圧の第1半サイクルの途中で第2半サイクルに切り換え該第2半サイクルの途中で該交流電圧の印加を解除し、前記第1半サイクル中に前記酸素濃度検出素子を流れる電流を少なくとも2回測定して前

記交流電圧の印加による前記酸素濃度検出素子の収束電流値を算出し、前記交流電圧と該収束電流値とから前記交流インピーダンスを算出する請求項 6、8、11、12、13 または 14 に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項 19】 前記インピーダンス検出手段は、低周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に 1 サイクル分印加した直後に前記低周波数より高周波数の交流電圧を 1 サイクル分印加する請求項 6、8、11、12、13、14、17 または 18 に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項 20】 前記インピーダンス検出手段は、前記酸素濃度検出素子が設置されるガス雰囲気安定した状態のときにのみ、低周波数のインピーダンスを検出する請求項 1 に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項 21】 前記酸素濃度検出素子が設置されるガス雰囲気が安定した状態は、前記酸素濃度検出素子を用いて空燃比が制御される機関が暖機され排気の流速の変化が少ないときである請求項 20 に記載の空燃比センサの制御装置。

【請求項 22】 酸素濃度検出素子に電圧を印加することにより被検出ガス中の酸素濃度に対応した電流を該酸素濃度検出素子から検出する空燃比センサの制御装置において、

前記酸素濃度検出素子に 1 つの周波数の交流電圧を印加し該周波数に対する該酸素濃度検出素子の交流インピーダンスを検出するインピーダンス検出手段と、

前記インピーダンス検出手段により検出された前記交流インピーダンスに応じて前記被検出ガスの空燃比を算出する空燃比算出手段と、を備えたことを特徴とする空燃比センサの制御装置。

【請求項 23】 前記周波数は 1 ~ 10 KHz の周波数帯域の中から選択される請求項 22 に記載の空燃比センサの制御装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は空燃比センサの制御装置に関し、特に、内燃機関の排気空燃比を検出する酸素濃度検出素子のような空燃比センサ素子のインピーダンスを精度よく短時間に検出し、検出したインピーダンスに基づき、空燃比センサの故障や活性状態の判定、空燃比センサの出力値からの空燃比の算出および空燃比センサ素子の活性状態を維持するためヒータ通電により加熱される空燃比センサ素子の目標温度の補正を行う空燃比センサの制御装置に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】 近年の機関の空燃比制御においては、機関の排気系に空燃比センサと触媒とを配設し、触媒により排気ガス中の有害成分（HC、CO、NO<sub>x</sub> 等）を最大限浄化するため、空燃比センサにより検出される機関の排気空燃比が目標空燃比、例えば理論空燃比になるよ

うにフィードバック制御されている。この空燃比センサとして、機関から排出される排気ガス中に含まれる酸素濃度に比例して限界電流を出力する限界電流式の酸素濃度検出素子が用いられている。限界電流式酸素濃度検出素子は、酸素濃度から機関の排気空燃比を広域かつリニアに検出するものであり、空燃比制御精度を向上させたり、リッチ～理論空燃比（ストイキ）～リーンの広域空燃比の間で機関の排気空燃比を目標空燃比にするよう制御するために有用である。

10 【0003】 上記酸素濃度検出素子は、空燃比の検出精度を維持するため活性状態に保たれることが不可欠であり、通常、機関始動時から同素子に付設されたヒータを通電することにより同素子を加熱し、早期活性化させてその活性状態を維持するようヒータの通電制御を行っている。図 19 は酸素濃度検出素子の温度とインピーダンスの相関関係を示す図である。上記酸素濃度検出素子

（以下、単に素子と記す）の温度とインピーダンスとの間には図 19 に太線で示すような相関関係、すなわち素子温度の上昇に連れて素子のインピーダンスが減衰するという関係がある。この関係に着目し、上記のようなヒータの通電制御においては、素子のインピーダンスを検出して素子温度を導き出し、その素子温度が所望の活性化温度、例えば 700 °C になるようにフィードバック制御されている。例えば、図 19 の太線に示すように、素子のインピーダンス  $Z_{ac}$  が、初期制御素子温 700 °C に相当する素子のインピーダンス 30 Ω 以上とき（ $Z_{ac} \geq 30$ ）、すなわち素子温が 700 °C 以下のとき、ヒータに通電し、 $Z_{ac}$  が 30 Ω より小のとき（ $Z_{ac} < 30$ ）、すなわち素子温が 700 °C を超えるとき、ヒータの通電を解除する制御を行うことで、素子の温度を活性化温度 700 °C 以上に保ち、素子の活性状態を維持している。また、ヒータ通電時は、素子のインピーダンスとその目標値との偏差（ $Z_{ac} - 30$ ）をなくすために必要な通電量を求め、その通電量を供給するようデューティ制御を行っている。

【0004】 従来技術によれば、例えば特開平 9-292364 号公報に開示されているように、上記酸素濃度検出素子のインピーダンスを検出するに際し、同素子温度を検出するために好ましい 1 つの周波数の交流電圧を印加し、そのインピーダンスの検出を行っている。この周波数の電圧の印加により、同素子の電解質部の抵抗を測定することはできる。しかしながら、この電解質部の抵抗は経年変化により顕著に変化しないので同素子のインピーダンスも大きく変化せず、図 19 の太線で示す同素子の温度とインピーダンスの関係は経年変化に関わらず略維持されるものと考えられていた。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上記酸素濃度検出素子が耐久劣化した後では、同素子の温度とインピーダンスの相関関係は図 19 において破線で示すよう

になる。ここで、空燃比センサ素子の構造、等価回路およびインピーダンス特性について以下に説明する。図20は空燃比センサ素子の構造を示す図であり、(A)は断面図であり、(B)は電解質部の部分拡大図である。

【0006】図21は空燃比センサ素子の等価回路を示す図である。図21において、R1は例えばジルコニアからなる電解質のバルク抵抗(図20の grain部)、R2は電解質の粒界抵抗(図20の grain boundary部)、R3は例えば白金からなる電極の界面抵抗を示し、C2は電解質の粒界の容量成分、C3は電極界面の容量成分を示し、Z(W)は交流による分極が行われると周期的に界面濃度が変化するために生じるインピーダンス分(ワールブルインピーダンス)を示す。

【0007】図22は空燃比センサ素子のインピーダンス特性を示す図である。横軸はインピーダンスZの実部Z'、縦軸は虚部Z''を示す。空燃比センサ素子のインピーダンスZは $Z = Z' + jZ''$ で表される。図22から、電極界面抵抗R3は、周波数が1~10KHzに近づくにつれて0に収束することが判る。また、破線で示す曲線は、空燃比センサ素子が劣化したときに変化したインピーダンスを示す。この破線で示されるインピーダンス特性の部分からR3が経年変化により特に変化することが判る。また、空燃比センサ素子により検出されるガスの酸素濃度が急激に変化するときもインピーダンス特性は破線で示すように変化する。

【0008】図23は空燃比センサ素子への交流印加電圧の周波数と同素子インピーダンスとの関係を示す図である。図23は図22について横軸を周波数fに、縦軸をインピーダンスZacに変換したものである。図22から、周波数1~10KHz付近~10MHzではインピーダンスZacが所定値(R1+R2)に収束し、10MHzより高周波側ではインピーダンスZacは減少し、R1に収束することが判る。このことから、インピーダンスZacを安定した状態で検出するためには、Zacが周波数によらず一定値となる1~10KHz付近~10MHz付近が望ましいことが判る。また、破線で示す曲線は、経年変化により特に変化するR3を測定可能な低い周波数(1KHz未満)の交流電圧を印加したときのインピーダンスを示す。この低周波数におけるインピーダンスから空燃比センサ素子の劣化の度合いが判る。ところで、図19の破線で示すように、空燃比センサ素子である酸素濃度検出素子の温度と1~10KHz付近~10MHzのインピーダンスの相関関係は、素子劣化後において新品時と比して大きく変化する。

【0009】しかしながら、特開平9-292364号公報によれば、空燃比センサ素子のR1+R2の抵抗分のみを測定しているので、空燃比センサ素子の特性変化を捕らえることができない。したがって、素子温制御目標値としての素子インピーダンスZacを30Ωに維持したままヒータの通電制御を継続すると素子劣化後の制

素子温度は徐々に増大し、例えば800°Cに設定されてしまうので、素子は過加熱され、劣化が促進され、寿命が低下するという問題が生じる。

【0010】また、素子温あるいは素子特性が変化し空燃比センサの出力値からの空燃比の算出が不正確になると機関のエミッションが悪化するという問題が生じる。あるいは、このような素子温あるいは素子特性が変化している状態で検出した素子インピーダンスに基づき空燃比センサの故障や活性状態の判定を行うとこれらの正確な判定ができないという問題がある。

【0011】それゆえ、本発明はこれら問題を解決し、空燃比センサ素子のインピーダンスを正確に短時間で検出し、検出したインピーダンスに基づき、空燃比センサ素子の特性変化を考慮して、空燃比センサの故障や活性状態の判定、空燃比センサの出力値からの空燃比の算出および空燃比センサ素子の目標温度の補正を行う空燃比センサの制御装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記問題を解決する本発明による空燃比センサの制御装置は、酸素濃度検出素子に電圧を印加することにより被検出ガス中の酸素濃度に対応した電流を該酸素濃度検出素子から検出する空燃比センサの制御装置において、前記酸素濃度検出素子に複数の異なる周波数の交流電圧を印加し、該周波数の各々に対する該酸素濃度検出素子の交流インピーダンスを検出するインピーダンス検出手段と、前記インピーダンス検出手段により検出された前記複数の周波数の各交流インピーダンスを分析し、前記酸素濃度検出素子の特性変化を示すパラメータを算出するパラメータ算出手段と、を備えたことを特徴とする。

【0013】上記構成により、空燃比センサ素子の複数の交流インピーダンスを検出し、検出した各交流インピーダンスを分析し、空燃比センサ素子の特性変化を示す特性パラメータが求められ、このパラメータを用いて種々の制御が可能となる。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記パラメータ算出手段により算出された前記パラメータに応じて前記酸素濃度検出素子の故障を判定する故障判定手段を備える。

【0014】本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記パラメータ算出手段により算出された前記パラメータに応じて前記酸素濃度検出素子の出力値から前記被検出ガスの空燃比を算出する空燃比算出手段を備える。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記パラメータ算出手段により算出された前記パラメータに応じて前記酸素濃度検出素子が活性状態であるか否かを判定する活性判定手段を備える。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記パラメータ算出手段により算出された前記パラメータに応じて前記酸素濃度検出素子に付設されたヒータを通電することにより該素子を加熱し該素子の温度を制御する素

子温制御手段を備える。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、複数の周波数の内、2つの異なる周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に印加する。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、前記酸素濃度検出素子に印加する前記複数の周波数の交流電圧は、単発的なものである。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記パラメータ算出手段は、前記複数の周波数の内、2つの異なる周波数に対する前記酸素濃度検出素子の各交流インピーダンスの差から前記パラメータを算出する。

【0015】本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記2つの異なる周波数の内、第1の周波数は、前記酸素濃度検出素子の電解質の抵抗を検出する周波数帯域から選択され、第2の周波数は、該酸素濃度検出素子の電極界面抵抗を含むインピーダンスを検出する周波数帯域から選択される。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、前記複数の異なる周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に印加する際、所定の順序で前記周波数を切り換える。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、前記複数の異なる周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に印加する際、該周波数に応じてフィルタ定数が切換えられるフィルタを介して前記交流電圧を印加する。上記構成により、インピーダンスの検出精度が向上する。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧が前記酸素濃度検出素子に印加されその印加が終了して該酸素濃度検出素子から検出される電流値が収束するまでの間、前記フィルタのフィルタ定数を当該周波数に対応するものに設定する。上記構成により、インピーダンスの検出精度が向上する。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧が前記酸素濃度検出素子に印加されその印加が終了してから該酸素濃度検出素子から検出される電流値が収束するまでの間、前記所定周波数と異なる周波数の交流電圧への切換えを禁止する。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧が前記酸素濃度検出素子に印加されてから該酸素濃度検出素子から検出される電流値が収束するまでの間、前記酸素濃度検出素子の出力値からの前記被検出ガスの空燃比の算出を禁止する。より具体的に説明すると、例えば低周波数のインピーダンスを検出する際、印加電圧が振幅している間に酸素濃度検出素子の出力（限界電流）値から被検出ガス中の空燃比を算出すると空燃比を正確に算出することができないので、上記構成により、この間の空燃比の算出を禁止する。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記空燃比算出手段は、前記複数の

周波数の内、最も高い周波数に対する前記酸素濃度検出素子の交流インピーダンスに基づき前記空燃比を算出する。

【0016】本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記活性判定手段は、前記複数の周波数の内、最も高い周波数に対する前記酸素濃度検出素子の交流インピーダンスに基づき前記前記酸素濃度検出素子が活性状態であるか否かを判定する。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に1サイクル分印加する際、該交流電圧の第1半サイクルの途中で第2半サイクルに切換え該第2半サイクルの途中で該交流電圧の印加を解除し、前記第1半サイクル中に前記酸素濃度検出素子へ印加される電圧とその時に該酸素濃度検出素子を流れる電流とを測定して前記交流インピーダンスを算出する。上記構成により、インピーダンスの検出精度が向上するとともに検出時間が短縮し、直流電圧印加時にセンサ電流から検出される空燃比の算出不能時間が短縮され、空燃比フィードバック制御不能時間が短縮される。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、所定周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に1サイクル分印加する際、該交流電圧の第1半サイクルの途中で第2半サイクルに切換え該第2半サイクルの途中で該交流電圧の印加を解除し、前記第1半サイクル中に前記酸素濃度検出素子を流れる電流を少なくとも2回測定して前記交流電圧の印加による前記酸素濃度検出素子の収束電流値を算出し、前記交流電圧と該収束電流値とから前記交流インピーダンスを算出する。上記構成により、インピーダンスの検出精度が向上するとともに検出時間が短縮する。

【0017】本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、低周波数の交流電圧を前記酸素濃度検出素子に1サイクル分印加した直後に前記低周波数より高周波数の交流電圧を1サイクル分印加する。上記構成により、交流電圧パルス印加終了後のセンサ素子の容量成分における電荷の放電を短時間に終了させ、センサ素子を流れる電流を短時間に収束させ、空燃比算出不能時間を短縮できる。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記インピーダンス検出手段は、前記酸素濃度検出素子の雰囲気、例えば排気流速や空燃比が安定した状態のときのみ、前記複数の周波数の内、低周波数のインピーダンスを検出する。上記構成により、低周波数のインピーダンスを検出する頻度が少なくなるので、機関の空燃比フィードバック制御の制御不能時間も少なくなる。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、上記酸素濃度検出素子の雰囲気安定した状態は、前記酸素濃度検出素子を用いて空燃比が制御される機関が暖機され排気の流速の変化が少ないときである。上記構成により、

低周波数のインピーダンスの検出精度が向上し、センサ素子の劣化や活性判定の信頼性が向上し、空燃比センサが活性状態に至るまでの低温時の空燃比の算出および空燃比センサ素子の目標温度の補正の精度が向上する。

【0018】前記問題を解決する本発明による空燃比センサの制御装置は、酸素濃度検出素子に電圧を印加することにより被検出ガス中の酸素濃度に対応した電流を該酸素濃度検出素子から検出する空燃比センサの制御装置において、前記酸素濃度検出素子に1つの周波数の交流電圧を印加し該周波数に対する該酸素濃度検出素子の交流インピーダンスを検出するインピーダンス検出手段と、前記インピーダンス検出手段により検出された前記交流インピーダンスに応じて前記被検出ガスの空燃比を算出する空燃比算出手段と、を備えたことを特徴とする。本発明はまた、上記空燃比センサの制御装置において、前記周波数は1~10KHzの周波数帯域の中から選択される。上記構成により、1つの周波数、例えば1~10KHzから選択された周波数の交流電圧を印加して検出された交流インピーダンスから算出される空燃比は、酸素濃度検出素子の出力の温度依存性が補正されたものとなるので、空燃比の検出精度が向上する。また、上記構成により、酸素濃度検出素子が劣化したとき、酸素濃度検出素子のインピーダンスが新品時より大きい値で同素子は活性化されるので、活性化に要する時間が短くなり、空燃比フィードバック制御を早期に開始でき、機関始動時の排気エミッションが向上する。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しつつ、本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は本発明による空燃比センサ制御装置の一実施形態の概略構成図である。図1以降、同一のものは同一符号で示す。図示しない内燃機関の排気通路に配設され機関の排気空燃比を検出する空燃比センサ1は、空燃比センサ素子（以下、センサ素子と記す）2とヒータ4とからなり、センサ素子2には空燃比センサ回路（以下、センサ回路と記す）3から電圧が印加され、ヒータ2にはバッテリー5からヒータ制御回路6の制御にしたがって電力が供給される。センサ回路3はマイクロコンピュータからなる空燃比制御ユニット（A/FCU）10からアナログの印加電圧をローパスフィルタ（LPF）7を介して受けセンサ素子2に印加する。

【0020】A/FCU10は、センサ回路3、ヒータ制御回路6およびLPF7と共に電子制御ユニット（ECU）100の一部をなし、後述の処理にしたがって算出したデジタルデータを内部に設けられたD/A変換器により矩形状のアナログ電圧に変換した後LPF7を介してセンサ回路3へ出力する。LPF7は矩形状のアナログ電圧信号の高周波成分を除去したなまし信号を出力し、高周波ノイズによるセンサ素子2の出力電流の検出エラーを防止している。このなまし信号の電圧のセンサ

素子2への印加に伴いA/FCU10は被検出ガス中、すなわち排気ガス中の酸素濃度に比例して変化するセンサ素子2を流れる電流およびその時のセンサ素子2への印加電圧を検出する。A/FCU10はこれらの電流および電圧を検出するため内部に設けられたそれぞれのA/D変換器によりセンサ回路3からセンサ素子2に流れる電流に相当するアナログ電圧およびセンサ素子2への印加電圧を受けデジタルデータに変換してこれらのデジタルデータを後述する処理に使用する。空燃比センサ1はセンサ素子2が活性状態にならないとその出力を空燃比制御に使用できない。このため、A/FCU10は機関始動時にバッテリー5からセンサ素子2に内蔵されたヒータ4へ電力供給してヒータ4を通電し、センサ素子2の早期活性化を行い、センサ素子2が活性化された後はその活性状態を維持するようヒータ4へ電力供給する。

【0021】しかるに、センサ素子2の抵抗がセンサ素子2の温度に依存すること、すなわちセンサ素子2の温度の増大に連れて減衰することに着目し、センサ素子2の抵抗がセンサ素子2の活性状態を維持する温度に相当する抵抗値、例えば30Ωとなるようヒータ4へ電力供給することによりセンサ素子2の温度を目標温度、例えば700°Cに維持する制御が行われている。また、空燃比制御ユニット（A/FCU）10は内部に設けられたA/D変換器によりセンサ素子2を加熱するヒータ制御回路6からヒータ4の電圧と電流に相当するアナログ電圧を受けデジタルデータに変換してこのデジタルデータを後述する処理に使用する。例えば、ヒータ4の抵抗値を算出し、この抵抗値に基づき機関の運転状態に応じた電力供給をヒータ4に行うとともにヒータ4の過昇温（OT）を防止するようヒータ4の温度制御を行う。

【0022】空燃比制御ユニット（A/FCU）10は、例えば図示しない双方向性バスにより相互に接続されたCPU、ROM、RAM、B（バッテリーバックアップ）、RAM、入力ポート、出力ポート、A/D変換器およびD/A変換器を具備し、後述する本発明の空燃比センサ1の制御を行う。図2は空燃比センサの入出力信号を示す図であり、（A）は空燃比センサへ印加する入力電圧の波形を示す図であり、（B）は空燃比センサから検出される出力電流の波形を示す図である。横軸は時間を示し、縦軸は電圧を示す。図2の（A）に示すように、空燃比センサに印加する入力電圧 $V_m$ として、常時直流電圧0.3Vが印加されている。センサ素子のインピーダンスを測定するため、後述するルーチンの実行により、空燃比センサに $\pm 0.2$ Vの第1周波数のパルス電圧が上記直流電圧0.3Vに重畳して印加される。一方、図2の（B）に示すように、空燃比センサから検出される出力電流 $I_m$ は、空燃比センサに直流電圧0.3Vのみを印加している間はその時々々の被測定ガスの酸素濃度に応じた値（限界電流値）を示すが、空燃比センサに上記パルス電圧 $\pm 0.2$ Vを直流電圧0.3Vに重畳

して印加すると素子抵抗値に応じてセンサ電流が変化する。このときの空燃比センサへの印加電圧および空燃比センサからの出力電流の変化を検出してセンサ素子のインピーダンスを算出する。この空燃比センサ素子のインピーダンス特性については図22および図23に示す通りである。

【0023】図3は空燃比センサの電圧-電流特性を示す図である。横軸に空燃比センサへの印加電圧V、縦軸に空燃比センサの出力電流Iを示す。図3から判るように、印加電圧Vと出力電流Iとは略比例関係にあり、空燃比がリーンであれば正側に、空燃比がリッチであれば負側へ電流値が変化する（図3に1点鎖線で示す特性線L1を参照）。つまり、空燃比がリーン側になる程限界電流は増大し、空燃比がリッチ側になる程限界電流は減少する。また、出力電流Iが0mAのとき、空燃比は理論空燃比（=14.5）になる。

【0024】次に、このセンサ素子のインピーダンスの算出ルーチンについて以下に詳細に説明する。図4は本発明の第1形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンの前半フローチャートであり、図5～図10にセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンの後半フローチャートを示す。より詳しくは、図5はセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第1（高）周波数重畳処理のフローチャートであり、図6と図7は第1周波数重畳処理を遂行するために必要な割込処理ルーチンのフローチャートであり、図8はセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第2（低）周波数重畳処理のフローチャートであり、図9と図10は第2周波数重畳処理を遂行するために必要な割込処理ルーチンのフローチャートである。図4、図5および図8に示すルーチンは、所定の周期、例えば1msec毎に実行される。

【0025】まず、ステップ401では、イグニッションスイッチIGSW（図示せず）がオンかオフかを判別し、IGSWがオンのときはステップ402へ進み、IGSWがオフのときは本ルーチンを終了する。ステップ402では、空燃比センサ1に $V_m = 0.3$  Vの直流電圧がすでに印加されているか否かを判別し、その判別結果がYESのときはステップ403へ進み、その判別結果がNOのときはステップ404へ進む。ステップ404では空燃比センサに0.3 Vの直流電圧を印加する。

【0026】ステップ403では、ステップ404で空燃比センサに0.3 Vの直流電圧を印加してから4msecが経過した時期か否か、あるいは本ルーチンの前回処理周期に空燃比センサの電流 $I_{ms}$ を読込んでから4msecが経過した時期か否かを、例えばカウンタにより判別し、これらの判別結果の何れか一方がYESのときはステップ405へ進み、その判別結果の両方がNOのときは本ルーチンを終了する。ステップ405では、空燃比センサの電流 $I_{ms}$ を読込む。これらのステップから判るように電流 $I_{ms}$ は4msec毎に読込まれる。

【0027】ステップ406では、後述する空燃比センサの劣化補正処理を実行し、ステップ407では、後述する空燃比センサの故障判定処理を実行し、ステップ408では、後述する空燃比センサの活性判定処理を実行する。次に、図5～図7を相互に参照しつつ、センサ素子のインピーダンス算出ルーチンの第1周波数重畳処理のフローチャートを説明する。第1周波数として5KHzを用いた例で説明する。まず、ステップ501では、今回処理周期が本ルーチン開始から $k \times 64$  msec（kは奇数1、3、5、…）経過した時期か否かを、例えばカウンタにより判別し、これらの判別結果がYES、すなわち今回処理周期が本ルーチン開始から64msec、192msec、320msec、…のときはステップ502へ進み、その判別結果がNOのときはステップ801（図8参照）へ進む。ステップ502では、空燃比センサへの印加電圧 $V_m (= 0.3$  V)に-0.2 Vのパルス電圧を重畳する。したがって、このときの空燃比センサへの印加電圧 $V_{m1}$ は0.1 Vとなる。また、ステップ502では図6に示す第1タイマ割込が起動される。

【0028】ここで、図6の第1タイマ割込処理について説明する。ステップ601では、上記第1タイマ割込の起動後85 $\mu$ sが経過したか否かを判別し、その判別結果がYESのとき、ステップ602へ進み空燃比センサの出力電流 $I_{m1}$ を読込み、その判別結果がNOのとき、ステップ601へ戻る。ステップ603では、上記第1タイマ割込の起動後100 $\mu$ sが経過したか否かを判別し、その判別結果がYESのとき、ステップ604へ進み空燃比センサに $V_{m2} = 0.5$  Vの電圧を印加し、その判別結果がNOのとき、ステップ601へ戻る。また、ステップ604では図7に示す第2タイマ割込が起動される。

【0029】ここで、図7の第2タイマ割込処理について説明する。ステップ701では、上記第2タイマ割込の起動後100 $\mu$ sが経過したか否かを判別し、その判別結果がYESのとき、ステップ702へ進み、空燃比センサに $V_m = 0.3$  Vの電圧を印加して通常空燃比検出状態に戻し、その判別結果がNOのとき、ステップ701へ戻る。

【0030】再び、図5へ戻る。ステップ503では、今回処理周期が本ルーチン開始から $(k \times 64 + 4)$  msec（kは奇数1、3、5、…）経過した時期か否かを判別し、その判別結果がYESのときはステップ504へ進み、その判別結果がNOのときは本ルーチンを終了する。ステップ504では、第1周波数電圧印加時の第1（高周波）インピーダンス $Z_{ac1}$ を次式から計算する。

【0031】

$$Z_{ac1} = \Delta V_m / \Delta I_m = 0.2 / (I_{m1} - I_{ms})$$

ステップ505では、 $Z_{ac1}$ のガード処理、すなわち $Z_{ac1}$ を下限ガード値 $KREL1$ と上限ガード値 $KREH1$ との間に収める $KREL1 \leq Z_{ac1} \leq KREH1$ とす



る処理を実行する。具体的には、 $Z_{ac1}$  が  $KREL1 \leq Z_{ac1} \leq KREH1$  のときはそのままとし、 $Z_{ac1} < KREL1$  のときは  $Z_{ac1} = KREL1 = 1$  ( $\Omega$ ) とし、 $KREH1 < Z_{ac1}$  のときは  $Z_{ac1} = KREH1 = 200$  ( $\Omega$ ) とする処理を実行する。なお、ガード処理は通常外乱やA/D変換誤差等によるデータを無視するために行う。

【0032】次に、図8～図10を相互に参照しつつ、センサ素子のインピーダンス算出ルーチンの第2周波数重畳処理のフローチャートを説明する。第2周波数として500Hzを用いた例で説明する。図5のフローチャートにおけるステップ501でNOと判定されたときステップ801が実行される。ステップ801では、本ルーチン開始から  $k \times 64 \text{ msec}$  ( $k$ は偶数2、4、6、…) が経過した時期か否かを、例えばカウンタにより判別し、これらの判別結果がYES、すなわち128msec、256msec、384msec、…のときはステップ802へ進み、その判別結果がNOのときは本ルーチンを終了する。ステップ802では、空燃比センサへの印加電圧  $V_m (=0.3 \text{ V})$  に  $-0.2 \text{ V}$  のパルス電圧を重畳する。したがって、このときの空燃比センサへの印加電圧  $V_{m1}$  は  $0.1 \text{ V}$  となる。また、ステップ802では第3タイマ割込が起動される。

【0033】ここで、図9の第3タイマ割込処理について説明する。ステップ901では、上記第3タイマ割込の起動後0.95msecが経過したか否かを判別し、その判別結果がYESのとき、ステップ902へ進み空燃比センサの出力電流  $I_{m2}$  を読み込み、その判別結果がNOのとき、ステップ901へ戻る。ステップ903では、上記第3タイマ割込の起動後1msecが経過したか否かを判別し、その判別結果がYESのとき、ステップ904へ進み空燃比センサに  $V_{m2} = 0.5 \text{ V}$  の電圧を印加し、その判別結果がNOのとき、ステップ901へ戻る。また、ステップ904では図10に示す第4タイマ割込が起動される。

【0034】ここで、図10の第4タイマ割込処理について説明する。ステップ1001では、上記第4タイマ割込の起動後1msecが経過したか否かを判別し、その判別結果がYESのとき、ステップ1002へ進み、空燃比センサに  $V_m = 0.3 \text{ V}$  の電圧を印加して通常空燃比検出状態に戻し、その判別結果がNOのとき、ステップ1001へ戻る。

【0035】再び、図8へ戻る。ステップ803では、今回処理周期が本ルーチン開始から  $(k \times 64 + 4) \text{ msec}$  ( $k$ は偶数2、4、6、…) 経過した時期か否かを判別し、その判別結果がYESのときはステップ804へ進み、その判別結果がNOのときは本ルーチンを終了する。ステップ804では、第2周波数電圧印加時の第2(低周波)インピーダンス  $Z_{ac2}$  を次式から計算する。

【0036】

$$Z_{ac2} = \Delta V_m / \Delta I_m = 0.2 / (I_{m2} - I_{ms})$$

ステップ805では、 $Z_{ac2}$  のガード処理、すなわち  $Z_{ac2}$  を下限ガード値  $KREL2$  と上限ガード値  $KREH2$  との間に収める  $KREL2 \leq Z_{ac2} \leq KREH2$  とする処理を実行する。具体的には、 $Z_{ac2}$  が  $KREL2 \leq Z_{ac2} \leq KREH2$  のときはそのままとし、 $Z_{ac2} < KREL2$  のときは  $Z_{ac2} = KREL2 = 1$  ( $\Omega$ ) とし、 $KREH2 < Z_{ac2}$  のときは  $Z_{ac2} = KREH2 = 200$  ( $\Omega$ ) とする処理を実行する。

【0037】次に、前述した図4のフローチャートにおけるステップ406による空燃比センサの劣化補正処理について以下に説明する。図11は空燃比センサの劣化補正ルーチンのフローチャートである。本ルーチンは、所定の周期、例えば4msec毎に実行される。まず、ステップ1101では、劣化補正条件が成立したか否かを下記の1～5の条件を全て満たしたか否かにより判定し、その判定結果がYESのときはステップ1102へ進み、その判定結果がNOのときは本ルーチンを終了する。

【0038】

1. 機関の回転数  $NE \leq 1000 \text{ RPM}$
  2. 車速  $VS \leq 3 \text{ Km/h}$
  3. アイドルスイッチオン
  4. 空燃比フィードバック制御実行中で空燃比  $A/F$  が14.5付近
  5. 機関の冷却水温  $THW \geq 85^\circ \text{ C}$  (機関暖機状態)
- ステップ1102では、第1インピーダンス  $Z_{ac1}$  と第2インピーダンス  $Z_{ac2}$  の差  $Z_{ac3} (=Z_{ac2} - Z_{ac1})$  をセンサ素子の特性変化、特に経年変化を示すパラメータとして求める。以下、このパラメータ  $Z_{ac3}$  をセンサ素子特性パラメータと呼ぶことにする。図12の(A)は空燃比センサの全素子抵抗  $R_s (=R_1 + R_2 + R_3)$  と  $Z_{ac3}$  ( $\approx R_3$ ) との関係を示す図であり、図12の(B)は空燃比センサの素子温度と  $Z_{ac3}$  との関係を示す図である。図12の(A)から判るように、新品と経時劣化品は、ともに  $R_s$  と  $Z_{ac3}$  との間に略同一の相関関係を有する。これは空燃比センサの全素子抵抗  $R_s$  の内、電極界面部の抵抗成分  $R_3$ 、すなわち  $Z_{ac3}$  の割合が多く、かつ電極界面部の抵抗成分がセンサ素子の特性を反映するからである。また図12の(B)から判るように、新品と経時劣化品は、ともに素子温度と  $Z_{ac3}$  との間に略同一の相関関係を有する。このことから、電極界面抵抗  $R_3$ 、すなわち  $Z_{ac3}$  から空燃比センサの素子温度を推定できることが判る。

【0039】前述した図4のフローチャートにおけるステップ407による空燃比センサの故障判定処理はステップ1103～1109の実行により次のように達成される。ステップ1103では、センサ素子温度制御目標値がセンサ素子の特性ばらつきを含めた下限値  $Z_{actgmax}$  以下か否かを判定し、その判定結果がYESのときは素

子温制御目標値の補正が可能であると判定してステップ1104に進み、その判定結果がNOのときはステップ1105に進む。ステップ1104では、Zac3 から素子温制御目標値Zactgの補正量Zactgkを図13に示すマップから算出する。このマップは予めROMに格納される。この素子温制御目標値Zactgとは、空燃比センサの素子温度が目標温度になったときの素子のインピーダンスを言う。次いで、ステップ1106では素子温制御目標値Zactg(今回値)を下式から平均値として算出する。

$$\begin{aligned} Zactgt &= Zactg_{(i-1)} \quad (\text{前回値}) + Zactgk \\ Zactg_{(i)} \quad (\text{今回値}) &= (Zactg_{(i-1)} \quad (\text{前回値}) \times 3 \\ &\quad + Zactgt) / 32 \end{aligned}$$

空燃比センサ1のヒータ制御において、このように算出されたZactg(今回値)をセンサ素子インピーダンスの素子温制御目標値に設定し、センサ素子インピーダンスがZactg(今回値)となるようにセンサ素子温度の制御を行う。

【0040】図13のマップが示すように、この素子温制御目標値Zactgは、センサ素子の特性パラメータZac3が所定値以下になると素子温が上昇したと判定し、Zactgを増大させ、逆にZac3が所定値以上になると素子温が低下したと判定し、Zactgを減少させる。すなわち、Zac3が所定値となるように素子温制御目標値Zactgをフィードバック制御する。したがって、センサが劣化した後の素子温も新品時と変わらない温度で制御される。その結果、センサ劣化後の素子温度上昇によるセンサ素子の劣化促進や短寿命化を防止することができる。

【0041】また、ステップ1107では、素子温制御目標値ZactgはバックアップRAMにZactgbとして記憶させる。次の機関始動時のイニシャルルーチンにてZactgbがZactgに取り込まれ、次の機関始動時も素子温が目標温度付近になるように制御される。次に、ステップ1108では、第1インピーダンスZac1と空燃比センサの出力電流Imとの2次元マップ(図14)から空燃比A/Fを算出する。図14のマップから、第1インピーダンスZac1が小となる程、Imが負のときは理論空燃比からリッチ空燃比側へ向かい、Imが正のときはリーン空燃比側から理論空燃比へ向かうことが判る。また、Imが0のときは、第1インピーダンスZac1に係わらず、理論空燃比14.5を示すことが判る。一方、ステップ1105では、図12の(B)に示すように、センサ素子特性パラメータZac3が空燃比センサの故障判定値KFZAC以下( $Zac3 \leq KFZAC$ )か否かを判別し、その判別結果がYESのときは空燃比センサは正常であると判断して本ルーチンを終了し、その判別結果がNOのときは空燃比センサは故障していると判断してステップ1109へ進み、ステップ1109では空燃比センサ故障フラグXFAFSを立てる。なお、図12の(B)に示す故障判定値KFZACは、センサ

素子の特性が変化し素子温が上昇し過ぎたことを判定する値に設定される。次に、図14に示すマップを用いる理由を以下に述べる。

【0042】前述したように、2つの周波数に対する素子インピーダンスの差Zac3( $=Zac2 - Zac1$ )から素子温制御目標値Zactgを算出し、素子のインピーダンスZacをZactgとするようにセンサ素子の加熱制御が行われる。すると、素子劣化後は素子温制御目標値Zactgは新品時の30Ωより高く、例えば40Ω、50Ωと設定され、劣化後の素子インピーダンスZacも40Ω、50Ωで安定する。このとき、空燃比センサが新品時の素子インピーダンスが30Ωのときの素子電流に対するマップから空燃比A/Fを算出したのでは、空燃比を正確に求めることはできない。それゆえ、本発明は図14に示すようなマップを設け、劣化後の素子インピーダンスZac、すなわち40Ω、50Ωに応じて空燃比を精度よく算出するのである。

【0043】また、本発明の他の実施形態として、2つの周波数を用いずに素子インピーダンスを正確に検出することのできる1つの高い周波数、例えば1~10KHzから選択された周波数のみを素子に印加して素子インピーダンスZac1を算出し、Zac1に応じて図14に示すマップから空燃比を算出してもよい。これにより、素子が劣化により新品時より高いインピーダンスで活性したと見なされるとき、図14のマップからこの高くなったインピーダンスに応じて空燃比を算出できる。すなわち、新品時に空燃比センサが活性状態に至ったとみなした低いインピーダンスになるのを待たずに新品時より高いインピーダンスで活性化され活性化に要する時間が短くなる。その結果、空燃比制御を早期に開始でき、機関始動時の排気エミッションが向上する。

【0044】次に、前述した図4のフローチャートにおけるステップ408による空燃比センサの活性判定処理について以下に説明する。図15は空燃比センサの故障判定後の処理ルーチンのフローチャートである。本ルーチンは所定の周期、例えば1msec毎に実行される。ステップ1501では、空燃比センサ故障フラグXFAFSが立てられたか否かを判別し、XFAFS=1のときは、空燃比センサが故障と判定されたのでステップ1502へ進む。ステップ1502では、空燃比フィードバック制御を続行すると排気エミッションが悪化するのので、空燃比フィードバック制御を停止し、ステップ1503でヒータの過昇温を防止するためヒータの通電を停止し、ステップ1504で警告ランプ(図示せず)を点灯する。一方、ステップ1501でXFAFS=0のときは、空燃比センサは故障していないと判定されたので本ルーチンを終了する。

【0045】図16は空燃比センサの活性判定ルーチンのフローチャートである。本ルーチンは、所定の周期、例えば1msec毎に実行される。先ず、ステップ1601

では、空燃比センサ故障フラグXFAFSが立てられたか否かを判別し、素子異常と判定されたXFAFS=1のときは、ステップ1602へ進み、素子異常でないとして判定されたXFAFS=0のときは、ステップ1603へ進む。ステップ1602では、空燃比活性フラグXA F S A C Tをオフにする。ステップ1603では、劣化補正後の素子温制御目標値Zactgから活性判定値Zacactを図17に示すマップから算出する。図17に示すように、素子温制御目標値に余裕をもたせるため、すなわち目標温度より多少低い温度で素子の活性判定をすべく活性判定値Zacactは素子温制御目標値Zactgより多少大きく設定される。

【0046】ステップ1604では、第1インピーダンスZac1がZacactより小さいか否かを判定し、その判定結果がYESのときは空燃比センサは活性状態であると見なしステップ1605へ進み、その判定結果がNOのときは空燃比センサは非活性状態であると見なしステップ1602へ進む。ステップ1605では、空燃比活性フラグXA F S A C Tをオンにする。

【0047】上述したように、上記活性判定は、2つの周波数に対する素子インピーダンスの差Zac3 ( $=Zac2 - Zac1$ ) から素子温制御目標値Zactgを算出し、Zactgから活性判定値Zacactを算出し、これを第1インピーダンスZac1、すなわち高周波数の素子インピーダンスZac1と比較して判定を行っている。図18はヒータ制御ルーチンのフローチャートである。本ルーチンは、所定の周期、例えば128msec毎に実行される。本ルーチンは、高周波数に対する空燃比センサ1のインピーダンスZac1と素子温制御目標値Zactgとの偏差Zacerr ( $=Zactg - Zac1$ )に基づいて、ヒータ4への通電のデューティ比のPID制御を行う。まず、ステップ1801では、比例項KPを次式から算出する。

【0048】 $KP = Zacerr \times K1$  (K1:定数)

ステップ1802では、積分項KIを次式から算出する。

$KI = \sum Zacerr \times K2$  (K2:定数)

ステップ1803では、微分項KDを次式から算出する。

$KD = (\Delta Zacerr / \Delta t) \times K3$  (K3:定数)

ステップ1804では、PIDゲインKPIDを次式から算出する。

【0049】 $KPID = KP + KI + KD$

ステップ1805では、出力デューティ比を次式から算出する。

$DUTY(i) = DUTY(i-1) \times KPID$

ステップ1806では、出力デューティ比DUTY(i)のガード処理を行い、DUTY(i)を下限値KDUTYLと上限値KDUTYHとの間KDUTYL  $\leq$  DUTY(i)  $\leq$  KDUTYHに収める処理を実行する。具体的には、KDUTYL  $\leq$  DUTY(i)  $\leq$  KDUTYHのとき

はそのままとし、DUTY(i) < KDUTYLのときはDUTY(i) = KDUTYLとし、KDUTYH < DUTY(i)のときはDUTY(i) = KDUTYHとする処理を実行する。

【0050】また、図18に示したヒータ制御において、本発明はヒータ4およびセンサ素子2の過昇温(Over Temperature)を防止するため、高周波数に対する空燃比インピーダンスZac1が劣化補正後の素子温制御目標値Zactgより所定値、例えば5Ωを超えるか否か

( $Zac1 \leq Zactg - 5(\Omega)$ )を判別し、その判別結果がYESのときは正常、すなわちヒータ4およびセンサ素子2は過昇温になっていないものと判定し図18のフローチャートで示したヒータ制御ルーチンを実行し、その判別結果がNOのときは異常、すなわちヒータ4およびセンサ素子2は過昇温になっていると判定し、DUTY(i) = 0に設定する処理を行う。ここで、素子温制御目標値Zactgは、2つの周波数に対する素子インピーダンスの差Zac3 ( $=Zac2 - Zac1$ )から算出される。

【0051】以上説明した本発明の実施の形態では、第1の周波数に5KHz、第2の周波数に500Hzを用いたが、本発明はこれに限定されない。空燃比センサの電解質、電極等の材料、センサ回路の特性、印加電圧、使用温度等を考慮してこれら周波数は適宜選択できる。なお、第1の周波数としては図21におけるR1(電解質のバルク抵抗)+R2(電解質の粒界抵抗)の交流インピーダンスを検出可能な周波数、例えば1KHz~10KHz程度の範囲が使用可能である。また、第2周波数としては第1周波数より低周波数で、しかもR1+R2+R3(電極界面抵抗)までのインピーダンスが検出可能な周波数であればよい。

【0052】また、上述の実施の形態では、2つの周波数のみを使用する例を示したが、3周波数以上の複数の交流電圧を印加し、検出された複数のセンサ出力電圧値や電流値からインピーダンスを検出してもよい。もちろん、複数のインピーダンスの中から最適な2つを選択する方法、または複数のインピーダンスに基づいて統計的な手法、例えば平均値からインピーダンスを算出する方法であってもよい。

【0053】次に、第1(高周波数)と第2(低周波数)でLPFのフィルタ定数を切替える本発明の他の実施形態について以下に詳細に説明する。図24は図1に示す本発明による空燃比センサ制御装置の他の実施形態のブロック構成図である。図24に示す空燃比センサ制御装置は、図1に示す空燃比センサ制御装置と比して、図1のLPF7に代えてフィルタ定数を切替えることのできるLPF17を設けた点と、そのフィルタ定数の切替えに応じてセンサ素子2の電圧、電流からインピーダンスを高精度に検出するための以下に記す処理を実行するマイクロコンピュータ11を設けた点とが主に異なる。また、図1の空燃比制御ユニット(A/FCU)1

0 はセンサ回路 3 用やヒータ制御回路 6 用の D/A 変換器と A/D 変換器を内部に設けたものとして示されているが、図 24 の空燃比制御ユニット (A/FCU) 20 において図 1 の A/FCU 10 をマイクロコンピュータ 11、D/A 変換器 12 および A/D 変換器 13~16 に分けて示してある。

【0054】図 25 は図 24 における空燃比制御ユニット 20 の説明図である。以下、図 24 と図 25 を相互に参照しつつ説明する。空燃比制御ユニット 20 は、マイクロコンピュータ 11、D/A 変換器 12 および A/D 変換器 13~16 を有する。マイクロコンピュータ 11 は、双方向性バス 21 により相互に接続された CPU 22、ROM 23、RAM 24、B. (バッテリバックアップ) RAM 25、入力ポート 26 および出力ポート 27 を具備し、後述する本発明の空燃比センサの制御を行う。D/A 変換器 12 は出力ポート 27 に接続され CPU 22 により演算されたデジタルデータをアナログ電圧に変換する。A/D 変換器 13、14 はそれぞれ入力ポート 26 に接続され、センサ回路 3 に印加されたアナログ電圧、センサ回路 3 における A/F センサ電流検出回路により検出された電流に比例するアナログ電圧をそれぞれデジタルデータに変換する。同様に、A/D 変換器 15、16 はヒータ制御回路 6 を介してヒータ 4 の電圧、電流をデジタルデータに変換する。CPU 22 はこれらデジタルデータをセンサ素子 2 の電圧値、電流値およびヒータ 4 の電圧値、電流値として読取る。また、出力ポート 27 から LPF 17 へは LPF 17 のフィルタ定数を切替える信号が出力され、出力ポート 27 からヒータ制御回路 6 へはヒータ 4 への電力供給量を制御する DUTY 信号が出力される。

【0055】図 26 は図 24 における LPF 17 の説明図である。A/FCU 20 におけるマイクロコンピュータ 11 からセンサ回路 3 への印加電圧を変更する指令が D/A 変換器 12 に出力され、D/A 変換器 12 から矩形状パルスが出力される。LPF 17 はこれを受けて高周波成分を除去したなまし信号の電圧を出力しセンサ回路 3 へ印加する。LPF 17 は、抵抗 31、32、コンデンサ 33、34、35、演算増幅器 (OP アンプ) 36 および電界効果トランジスタ (FET) 37 からなる。FET 37 にはマイクロコンピュータ 11 から低周波時にオンとし高周波時にオフとする信号が送られ、これにより LPF 17 のフィルタ定数が第 1 (高周波数) 交流電圧印加時に時定数小となり第 2 (低周波数) 交流電圧印加時に時定数小となるように切換えられる。

【0056】図 27 は図 24 における空燃比センサ回路 3 の説明図である。センサ回路 3 は大別して基準電圧回路 41、第 1 電圧供給回路 42、第 2 電圧供給回路 43 および電流検出回路 44 からなる。基準電圧回路 41 は、定電圧  $V_{DC}$  を抵抗 45、46 で分圧した電圧  $V_a$ 、例えば 0.6 V を基準電圧とする。第 1 電圧供給回路 4

2 は、電圧フォロアとして構成され A/F センサ 1 の一方の端子 47 に基準電圧  $V_a$  を供給する。第 2 電圧供給回路 43 は、LPF 17 に接続され、第 1 と同様に電圧フォロアとして構成され A/F センサ 1 のもう一方の端子 48 に LPF 17 の出力電圧  $V_c$  (0.3 ± 0.2 (V)) を供給する。LPF 17 の出力電圧  $V_c$  は、通常 0.3 (V) であるが、マイクロコンピュータ 11 により A/F センサ 1 の素子インピーダンスを測定する際に ±0.2 (V) が 0.3 V に重畳されて出力され、それゆえ A/F センサ 1 には 0.1 ~ 0.5 (V) の電圧が印加されることになる。電流検出回路 44 は、抵抗 49 からなり、抵抗 49 の両端電圧 ( $|V_b - V_a|$ ) を A/D 変換器 13 を介して読取ることにより A/F センサ 1 に流れる電流を検出する。次に、図 24 に示す本発明の第 2 形態に係る空燃比センサ制御装置によるセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンについて以下に詳細に説明する。

【0057】図 28 は本発明の第 2 形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンの前半フローチャートであり、図 29 ~ 図 34 は同ルーチンの後半フローチャートである。より詳しくは、図 29 はセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第 1 周波数重畳処理のフローチャートであり、図 30 と図 31 は第 1 周波数重畳処理を遂行するために必要な割込処理ルーチンのフローチャートであり、図 32 はセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第 2 周波数重畳処理のフローチャートであり、図 33 と図 34 は第 2 周波数重畳処理を遂行するために必要な割込処理ルーチンのフローチャートである。図 28、図 29 および図 32 に示すルーチンは、所定の周期、例えば 100  $\mu$  sec 毎に実行される。

【0058】図 35 は本発明の第 2 形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンを説明するタイムチャートである。横軸は時間を示す。上段はセンサ素子 2 への印加電圧を示し、下段は LPF 17 のフィルタ定数の設定を切替える LPF 切替信号のオンオフ状態を示す。センサ素子 2 に流れる電流変化も上記印加電圧変化と同様である。図 35 のタイムチャートに示す本発明の第 2 形態に係るセンサ素子 2 のインピーダンスの算出は次の様に行われる。通常、センサ素子 2 の電極間には 0.3 V の直流電圧が印加されており、128 ms 毎に第 1 の周波数 (高周波数) 例えば 2.5 KHz の高周波パルスをセンサ素子 2 に印加し、高周波パルスの印加後 64 ms 経過する毎に第 1 の周波数 (低周波数) 例えば 500 Hz の低周波パルスをセンサ素子 2 に印加する。第 1 (高周波) インピーダンス  $Z_{ac1}$  は高周波パルス印加後、例えば 85  $\mu$  s 経過後にセンサ素子 2 を流れる電流  $I_{m1}$  を検出してセンサ素子印加電圧の増分  $\Delta V_m$  (0.3 - 0.1 = 0.2 (V)) と電流の増分  $\Delta I_m$  ( $I_{m1} - I_{ms}$ ) から次式により算出する。

$$Z_{ac1} = \Delta V_m / \Delta I_m = 0.2 / (I_{m1} - I_{ms})$$

ここで、 $I_{ms}$ は4ms毎に検出されるセンサ素子の限界電流である。

【0059】第2（低周波）インピーダンス $Z_{ac2}$ は低周波パルス印加後、例えば0.95ms経過後にセンサ素子2を流れる電流 $I_{m2}$ を検出してセンサ素子印加電圧の増分 $\Delta V_m$ （0.3-0.1=0.2（V））と電流の増分 $\Delta I_m$ （ $I_{m2}-I_{ms}$ ）から次式により算出する。  

$$Z_{ac2} = \Delta V_m / \Delta I_m = 0.2 / (I_{m2} - I_{ms})$$

LPF切換信号のオンオフタイミングは、高周波パルス印加後、例えば500 $\mu$ s経過後にオンとされ、高周波パルス印加後64ms経過後に低周波パルスが印加された後3ms経過後にオフとされ、低周波パルスの周期2msとその収束時間1msを含めた低周波パルスの印加時間帯はフィルタ定数が大とされる。上述のタイムチャートにしたがったセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンを図28～図34を用いて以下に詳細に説明する。

【0060】図28に示すフローチャートは、図4に示すフローチャートと比して、図4のステップ401、402、403、404および405～408は、それぞれ図28のステップ2801、2802、2806、2804および2807～2810に実質的に対応し同一処理が実行されるので説明を省略し、図4のフローチャートに追加されたステップ2803および2805についてのみ以下に説明する。ステップ2803では、 $V_m$ の印加から500 $\mu$ sが経過したか否かを判別し、その判別結果がYESのときはステップ2805に進み、その判別結果がNOのときはステップ2806に進む。ステップ2805ではマイクロコンピュータ11からLPF17にフィルタ定数を増大する切換え信号を出力する。

【0061】図29、図30に示すフローチャートは、A/Fセンサ1の出力を図3に示すダイナミックレンジ内に維持するための処理に関する。この処理はA/Fセンサ1の出力をダイナミックレンジ内に維持することにより絶えずセンサ素子2の限界電流を検出できるようにするものである。このため、機関の排気空燃比に応じてセンサ素子2に印加する電圧を、A/Fがリーンのときは負側（ステップ2905）から正側（ステップ3007）に、A/Fがストイキまたはリッチのときは正側（ステップ2904）から負側（ステップ3006）に印加している。次に、図29、図30のフローチャートを個々に説明する。

【0062】図29に示すフローチャートは、図5に示すフローチャートと比して、図5のステップ501および503～505は、それぞれ図29のステップ2901および2906～2908に実質的に対応し同一処理が実行されるので説明を省略し、図5のフローチャートに追加したステップ2902～2904および変更したステップ2905についてのみ以下に説明する。ステップ2902では、空燃比センサ1の出力から空燃比（A

/F）がリーンのか否（ストイキまたはリッチ）かを判別し、A/Fがリーンのと判別されたときはステップ2903に進み、ステップ2903でリーンの判定フラグLFLGを1にセットし、ステップ2905に進む。ステップ2902でA/Fがストイキまたはリッチと判別されたときはステップ2904に進み、ステップ2904で空燃比センサ1に $V_{m1}' = 0.5$ Vを印加する。ステップ2905では、空燃比センサ1に $V_{m1} = 0.1$ Vを印加する。

【0063】図30に示すフローチャートは、図6に示すフローチャートと比して、図6のステップ601～603および604は、それぞれ図30のステップ3001～3003および3007に実質的に対応し同一処理が実行されるので説明を省略し、図6のフローチャートに追加したステップ3004～3006についてのみ以下に説明する。ステップ3004では、図29のステップ2903でリーンの判定フラグLFLGがセットされたか否かを判別し、LFLG=1と判別されたときはステップ3005に進み、ステップ3005でリーンの判定フラグLFLGを0にリセットし、ステップ3007に進む。ステップ3004でLFLG=0と判別されたときはステップ3006に進み、ステップ3006で空燃比センサ1に $V_{m2}' = 0.1$ Vを印加する。ステップ3007では、空燃比センサ1に $V_{m2} = 0.5$ Vを印加する。

【0064】図31に示すフローチャートは、図7に示すフローチャートと略同一であり、図7のステップ701および702は、それぞれ図31のステップ3101および3102に対応し同一処理が実行されるので説明を省略する。図32、図33に示すフローチャートは、A/Fセンサ1の出力を図3に示すダイナミックレンジ内に維持するための処理に関する。この処理は空燃比センサ1の出力をダイナミックレンジ内に維持することにより絶えずセンサ素子2の限界電流を検出できるようにするものである。このため、機関の排気空燃比に応じて空燃比センサ1に印加する電圧を、A/Fがリーンのときは負側（ステップ3205）から正側（ステップ3307）に、A/Fがストイキまたはリッチのときは正側（ステップ3204）から負側（ステップ3306）に印加している。次に、図32、図33のフローチャートを個々に説明する。

【0065】図32に示すフローチャートは、図8に示すフローチャートと比して、図8のステップ801、802、804および805は、それぞれ図32のステップ3201、3205、3208および3209に実質的に対応し同一処理が実行されるので説明を省略し、図8のフローチャートに追加されたステップ3202～3204、3206および3207についてのみ以下に説明する。ステップ3202では、空燃比センサ1の出力から空燃比（A/F）がリーンのか否（ストイキまたはリ

タッチ)かを判別し、A/Fがグリーンと判別されたときはステップ3203に進み、ステップ3203でリーン判定フラグLFLGを1にセットし、ステップ3205に進む。ステップ3202でA/Fがストイキまたはリッチと判別されたときはステップ3204に進み、ステップ3204で空燃比センサ1に $V_{m1}' = 0.5V$ を印加する。ステップ3205では、空燃比センサ1に $V_{m1} = 0.1V$ を印加する。ステップ3206では、今回処理周期が本ルーチン開始から $(k \times 64 + 4)$  msec ( $k$ は偶数2、4、6、...)経過した時期か否かを判別し、その判別結果がYESのときはステップ3207へ進み、その判別結果がNOのときは本ルーチンを終了する。図35に示す3msecは低周波パルス周期の2msecにパルス収束時間1msecを加算した時間を示し、空燃比センサの電流 $I_{ms}$ の読取り周期、4msecより短い。ステップ3207では、マイクロコンピュータ11により図28のステップ2805で切換えたLPF切換え信号をオフにし、LPF17にフィルタ定数を高周波インピーダンス検出用に戻す切換え信号を出力する。

【0066】図33に示すフローチャートは、図9に示すフローチャートと比して、図9のステップ901~903および904は、それぞれ図33のステップ3301~3303および3307に実質的に対応し同一処理が実行されるので説明を省略し、図9のフローチャートに追加したステップ3304~3306についてのみ以下に説明する。ステップ3304では、図32のステップ3203でリーン判定フラグLFLGがセットされたか否かを判別し、LFLG=1と判別されたときはステップ3305に進み、ステップ3305でリーン判定フラグLFLGを0にリセットし、ステップ3307に進む。ステップ3304でLFLG=0と判別されたときはステップ3306に進み、ステップ3306で空燃比センサ1に $V_{m2}' = 0.1V$ を印加する。ステップ3307では、空燃比センサ1に $V_{m2} = 0.5V$ を印加する。

【0067】図34に示すフローチャートは、図10に示すフローチャートと略同一であり、図10のステップ1001および1002は、それぞれ図34のステップ3401および3402に対応し同一処理が実行されるので説明を省略する。以上説明した実施の形態において、128ms毎に高周波パルスを印加する中間に低周波パルスを印加したのは、CPUの負荷バランスを平均化するためであるが、他の実施の形態として、高周波パルスを印加した後すぐに、例えば4ms経過後に低周波パルスを印加して低周波インピーダンスを検出してもよい。また、第2(低周波)インピーダンスの検出処理を、第1(高周波)インピーダンス検出処理10回に1回実行するようにしてもよい。さらに、低周波インピーダンスの検出処理を、機関がアイドル状態のとき等、空燃比センサ1の雰囲気安定した状態のときにの

み実行するようにしてもよい。

【0068】以上説明した実施の形態では、低周波インピーダンスを検出する低周波パルス印加からの4ms間は空燃比センサ1からの空燃比検出を不能にしている。これは図28のステップ2807によるセンサ素子2の限界電流 $I_{ms}$ の読込みをステップ2806が示すように4ms毎に行っていることから判る。しかるに、低周波インピーダンスの測定は直流に近い低周波パルスを印加する程安定した出力が得られることが実験的に確かめられている。それゆえ、上述の実施形態で使用した低周波パルスの周波数500Hzを、例えば25Hzに変更することが望ましい。しかしながら、この場合周期20msの他に収束時間もセンサ素子2の電極界面の静電容量により例えば8msと長くなり合計28msの間は空燃比センサの出力は低周波インピーダンス検出のために使用され、したがってこの間を空燃比検出不能時間としなければならない。この間の空燃比は低周波パルスを印加したときに検出した値を保持して空燃比制御に用いているので不正確となり機関の排気エミッションが悪化する恐れがある。

【0069】そこで、この問題を解決する、すなわち直流に近い例えば25Hzの低周波パルスをセンサ素子2に印加してセンサ素子2の低周波インピーダンスを検出するとともに、センサ素子2の低周波インピーダンスの検出時間を短縮する処理、換言すれば空燃比制御における空燃比センサの空燃比検出不能時間を短縮する処理に係る本発明の他の実施形態について図36~図38および図39~図40を用いて以下に説明する。

【0070】図36は1点検出法による低周波インピーダンス測定時のセンサ素子の出力を示す図であり、

(A)はセンサ素子の印加電圧を示す図であり、(B)はセンサ素子の電流を示す図である。図36に示すように、時刻 $t_1$ に25Hzの正側の低周波パルスをLPF17を介してセンサ素子2に印加した後1ms経過後の時刻 $t_2$ にセンサ素子2の電流を検出する。時刻 $t_1$ から1.5ms経過後の時刻 $t_3$ に負側の低周波パルスをLPF17を介してセンサ素子2に印加し、時刻 $t_1$ から3ms経過後の時刻 $t_4$ にLPF17への負側の低周波パルスの印加を解除する。センサ素子2への印加電圧は時刻 $t_4$ 以降1ms程度で収束する。

【0071】ところで、時刻 $t_1$ に25Hzの正側の低周波パルスをLPF17を介してセンサ素子2に印加した後時刻 $t_3$ に負側の低周波パルスを印加しなかった場合、センサ素子2の印加電圧は、時刻 $t_1$ から20ms経過した時刻 $t_{10}$ に正側の低周波パルス幅、すなわち時刻 $t_1$ 時の印加電圧 $0.3V$ に増分 $\Delta V$ ( $0.2V$ )を加算した $0.5V$ に収束する。低周波インピーダンス $Z_{ac2}$ は、図32のステップ3208で時刻 $t_2$ に測定したセンサ素子2の電流値と印加電圧値とに基づき算出される。この1点検出法によれば、低周波印加パルスの

時定数は大であるが時刻  $t_4$  までに低周波パルスの印加を解除することによりセンサ素子 2 の低周波インピーダンスの検出時間を短縮することができる。しかしながら、センサ素子 2 の電流値は低周波印加パルスが収束する時刻  $t_{10}$  より相当前の時刻  $t_2$  に検出され不安定となり低周波インピーダンスの検出精度が不十分となる。この問題を解決するため、低周波印加パルスの収束時のセンサ素子 2 の電流値を算出する方法が好ましいことが判った。この 2 点検出法について以下に説明する。

【0072】図 37 は 2 点検出法による低周波インピーダンス測定時のセンサ素子の出力を示す図であり、

(A) はセンサ素子の印加電圧を示す図であり、(B) はセンサ素子の電流を示す図である。図 38 は図 37 の (B) の拡大図である。図 37、図 38 に示すように、時刻  $t_1$  より以前では 4 ms 毎に、例えば時刻  $t_0$  にセンサ素子 2 の電流  $AF_{I1}$  を検出し、時刻  $t_1$  に 25 Hz の正側の低周波パルスを LPF17 を介してセンサ素子 2 に印加した後 1 ms および 2 ms 経過後の時刻  $t_2$ 、 $t_3$  にセンサ素子 2 の電流  $AF_{I2}$ 、 $AF_{I3}$  をそれぞれ検出する。時刻  $t_1$  から 2.5 ms 経過後の時刻  $t_4$  に負側の低周波パルスを LPF17 を介してセンサ素子 2 に印加し、時刻  $t_1$  から 5 ms 経過後の時刻  $t_5$  に LPF17 への負側の低周波パルスを解除する。センサ素子 2 への印加電圧は時刻  $t_5$  以降 1 ms 程度で収束する。

【0073】ところで、時刻  $t_1$  に 25 Hz の正側の低周波パルスを LPF17 を介してセンサ素子 2 に印加した後時刻  $t_4$  に負側の低周波パルスを印加しなかった場合、センサ素子 2 の印加電圧は、時刻  $t_1$  から 20 ms 経過した時刻  $t_{10}$  に正側の低周波パルス幅、すなわち時刻  $t_1$  時の印加電圧 0.3 V に増分  $\Delta V$  (0.2 V) を加算した 0.5 V に収束する。この 2 点検出法もまた、低周波印加パルスの時定数は大であるが時刻  $t_5$  までに低周波パルスの印加を解除することによりセンサ素子 2 の低周波インピーダンスの検出時間を短縮することができる。そして、低周波印加パルスが収束する時刻  $t_{10}$  より相当前の時刻  $t_0$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  に検出したセンサ素子 2 の電流値  $AF_{I1}$ 、 $AF_{I2}$ 、 $AF_{I3}$  を用いて、時刻  $t_{10}$  に収束するセンサ素子 2 の電流値  $AF_{IS}$  を次のように算出する。センサ素子 2 に低周波パルスを印加した後のセンサ素子 2 に流れる電流は次式で表される。

$$i = I_0 + (I_S - I_0) e^{(-t/T)} \quad (40)$$

ここで、 $i$  は低周波パルス印加後の素子電流値、 $I_0$  は低周波パルス印加前の初期電流値、 $I_S$  は収束電流値、 $t$  は低周波パルス印加後の経過時間および  $T$  は LPF の時定数  $CR$  をそれぞれ示す。上式にセンサ素子 2 の電流値  $AF_{I1}$ 、 $AF_{I2}$ 、 $AF_{I3}$  を代入すると下記の連立方程式が得られる。

$$AF_{I2} = AF_{I1} + (I_S - AF_{I1}) e^{(-t_1/T)}$$

$$AF_{I3} = AF_{I1} + (I_S - AF_{I1}) e^{(-t_2/T)}$$

上記連立方程式を解くことにより収束電流値  $I_S$  を求め

ることができる。低周波インピーダンス  $Z_{ac2}$  は、図 32 のステップ 3208 で上記のように算出したセンサ素子 2 の電流値  $I_S$  と印加電圧の増分  $\Delta V$  とに基づき算出される。この 2 点検出法によれば低周波インピーダンスの検出精度が向上する。次に、低周波パルス印加後におけるセンサ素子電流の収束時間  $t_{LP}$  を短縮する処理について図 39、40 および図 41～図 44 を用いて以下に説明する。

【0074】図 39 は低周波パルス印加時のセンサ電流波形を示す図であり、図 40 は低周波パルス印加直後に高周波パルスを印加したときのセンサ電流波形を示す図である。図 39 と図 40 とを比較すると、図 40 に示す低周波パルス印加直後に高周波パルスを印加したときの低周波パルスの印加後に高周波パルスの印加に切換えてからセンサ素子 2 の電流が収束するまでの時間  $t_{HP}$  の方が図 39 に示す低周波パルスの印加を解除してからセンサ素子 2 の電流が収束するまでの時間  $t_{LP}$  より短いことが判る。すなわち、第 2 (低) 周波数重畳処理を遂行した直後に第 1 (高) 周波数重畳処理を再度遂行することにより低周波パルス印加後におけるセンサ素子電流の収束時間  $t_{LP}$  を短縮できることが判る。次に、この処理について以下に説明する。

【0075】図 41 は第 2 周波数重畳処理を遂行した直後に第 1 周波数重畳処理を再度遂行するために必要なセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第 2 周波数重畳処理のフローチャートである。図 41 に示すフローチャートは、図 32 に示すフローチャートにおけるステップ 3207 を削除したものである。図 41 のステップ 4101～4106 および 4107、4108 は図 32 のステップ 3201～3206 および 3208、3209 にそれぞれ対応し同一処理が実行されるので説明を省略する。

【0076】図 42 は第 2 周波数重畳処理を遂行した直後に第 1 周波数重畳処理を再度遂行するために必要な第 3 割込処理ルーチンのフローチャートである。図 42 に示すフローチャートは、図 33 に示すフローチャートにおけるステップ 3205 を削除したものである。図 42 のステップ 4201～4204 および 4205、4206 は図 33 のステップ 3301～3304 および 3307、3306 にそれぞれ対応し同一処理が実行されるので説明を省略する。図 43 は第 2 周波数重畳処理を遂行した直後に第 1 周波数重畳処理を再度遂行するために必要な第 4 割込処理ルーチンのフローチャートである。図 43 のステップ 4301 および 4302 は図 34 のステップ 3401 および 3402 にそれぞれ対応し同一処理が実行されるので説明を省略する。

【0077】図 44 は第 2 周波数重畳処理を遂行した直後に第 1 周波数重畳処理を再度遂行するために必要な第 5 割込処理ルーチンのフローチャートである。先ず、ステップ 4401 では、上記第 4 タイマ割込の起動後 2 ms

ecが経過したか否かを判別し、その判別結果がYESのとき、ステップ4402へ進み、その判別結果がNOのとき、ステップ4401へ戻る。ステップ4402では、図41のステップ4103でリーン判定フラグLFLGがセットされたか否かを判別し、LFLG=1と判別されたときはステップ4403に進み、ステップ4403で空燃比センサ1に $V_{m1}=0.1$  Vを印加する。ステップ4402でLFLG=0と判別されたときはステップ4404に進み、ステップ4404で空燃比センサ1に $V_{m1}'=0.5$  Vを印加する。次に、ステップ4405ではリーン判定フラグLFLGを0にリセットし、ステップ4406ではLPF切換信号をオフにし、ステップ4407に進む。ステップ4407では、上記第4タイマ割込の起動後3msecが経過したか否かを判別し、その判別結果がYESのとき、ステップ4408に進み、ステップ4408で空燃比センサに $V_{m2}=0.5$  Vの電圧を印加する。ステップ4407の判別結果がNOのとき、ステップ4409へ進み、ステップ4409で空燃比センサに $V_{m2}'=0.1$  Vの電圧を印加し、ステップ4410へ進む。ステップ4410では、空燃比センサに $V_m=0.3$  Vの電圧を印加して通常空燃比検出状態に戻す。

【0078】次に図45に示す空燃比フィードバック制御ゲインの設定ルーチンのフローチャートについて以下に説明する。本ルーチンは、センサ素子2が低温のときに空燃比センサ1の出力応答が遅くなるので、低周波インピーダンスに基づいて空燃比フィードバック制御を実行する（ステップ4501でYESの）ときは、ステップ4502で空燃比フィードバック制御における比例項P、積分項I、微分項Dの各ゲインを低いLOWゲインに設定し、センサ素子2が活性化した後の限界電流に基づいて空燃比フィードバック制御が実行中であることを示すフラグXLMTAFがセットされている（ステップ4501でNOかつステップ4503でYESの）ときはステップ4504で上記PIDの各ゲインをHIGHゲインに設定するものである。ステップ4501に示すフラグXIMPFAFは、センサ素子2の低周波インピーダンス $Z_{ac2}$ から空燃比を算出中であるときセットされるフラグである。なお、ステップ4501でNOかつステップ4503でNOのときはセンサ素子温が $500^{\circ}$  C以下で空燃比が検出不能なのでステップ4505で空燃比フィードバック制御禁止フラグXPHAFを1にセットする。ステップ4502および4504で空燃比制御ゲインはLOWおよびHIGHに設定した後、ステップ4506では空燃比フィードバック制御禁止フラグXPHAFを0にリセットする。

【0079】次に、低周波インピーダンスの算出処理に係る空燃比制御不能時間を極力少なくしかつCPUの負担を軽減するために低周波インピーダンスの算出をアイドルリング時のような所定の条件下に限定するための第3

実施形態のインピーダンス算出ルーチンについて図46、図47を用いて以下に説明する。

【0080】図46は本発明の第3実施形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンの前半フローチャートである。図46のステップ番号は図28におけるステップ番号の上2桁の28を46に置き換えたものであり、図46のステップ4603Aのみ図28のステップ2803と2805の間に挿入したものである。ステップ4603Aは低周波インピーダンスの算出を実行するか否かを判定するステップであり、センサ素子2の劣化補正条件が成立したか否かによってその判定を行う。劣化補正条件は、機関が暖機かつ排気流速の変化が小さくなるような下記の1～5の条件を全て満たしたか否かにより判定し、その判定結果がYESのときはステップ4605へ進み、その判定結果がNOのときはステップ4606へ進む。

1. 機関の回転数 $NE \leq 1000$  RPM
  2. 車速 $VS \leq 3$  Km/h
  3. アイドルスイッチオン
  4. 空燃比フィードバック制御実行中で空燃比A/Fが14.5付近
  5. 機関の冷却水温 $THW \geq 85^{\circ}$  C（機関暖機状態）
- ステップ4610に続く第1（高）周波数インピーダンス算出ルーチンは図29～図31にしたがって実行される。

【0081】図47が本発明の第3実施形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第2（低）周波数重畳処理のフローチャートである。図47のステップ番号は図32におけるステップ番号の上2桁の32を47に置き換えたものであり、図47のステップ4700のみ図32のステップ3201と図29のステップ2901の判定結果NOの間に挿入したものである。ステップ4700は低周波インピーダンスの算出を実行するか否かを判定するステップであり、図46に示すステップ4603Aと同様にセンサ素子2の劣化補正条件が成立したか否かによってその判定を行う。ステップ4700では、上記劣化補正条件が全て満たされたか否かにより判定し、その判定結果がYESのときはステップ4701へ進み、その判定結果がNOのときは本ルーチンを終了する。

【0082】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の空燃比センサの制御装置によれば、空燃比センサ素子のインピーダンスを正確に検出し、検出したインピーダンスに基づき、空燃比センサ素子の特性変化を示すパラメータを求めることにより、このパラメータにしたがって、空燃比センサの故障や活性状態の判定、空燃比センサの出力値からの空燃比の算出および空燃比センサ素子の目標温度の補正を行う空燃比センサの制御装置を提供することができる。また、上記パラメータにしたがって、空燃比セ



ンサの経年変化に応じた空燃比センサの出力値の補正ができ空燃比フィードバック制御の精度を向上でき機関の排気エミッションの悪化を防止できる。さらに、上記パラメータにしたがって、空燃比センサの経年変化に応じて空燃比センサの素子温制御目標値を可変するので、過昇温によるヒータの断線や空燃比センサ素子の短寿命化を防止できる。

【0083】また、本発明の空燃比センサの制御装置によれば、空燃比センサ素子に印加する交流電圧の周波数およびその交流電圧の収束時間に応じてフィルタ定数およびその定数の設定期間を変更するので、空燃比センサ素子のインピーダンスの検出精度を向上できる。

【0084】また、本発明の空燃比センサの制御装置によれば、空燃比センサ素子に印加する交流電圧の印加時間を短縮するので、空燃比センサ素子のインピーダンスの検出時間を短縮でき、直流電圧印加時に空燃比センサの電流から検出される空燃比の算出不能時間を短縮でき、空燃比フィードバック制御不能時間を短縮できる。

【0085】また、本発明の空燃比センサの制御装置によれば、インピーダンス検出手段が空燃比センサ素子の雰囲気状態が安定したときにのみ低周波数のインピーダンスを検出するので、低周波数のインピーダンスを検出する頻度が少なくなり、機関の空燃比フィードバック制御の制御不能時間を短縮することができる。また、本発明の空燃比センサの制御装置によれば、インピーダンス検出手段により低周波数のインピーダンスを検出するとき、空燃比センサ素子の雰囲気状態の安定を機関が暖機され排気の流速の変化が少ないときとしているので、低周波数のインピーダンスの検出精度が向上し、センサ素子の劣化や活性判定の信頼性を向上でき、空燃比センサが活性状態に至るまでの低温時に算出される空燃比の精度や空燃比センサ素子の目標温度の補正精度を向上できる。

【0086】本発明はまた、空燃比センサ素子に1つの周波数の交流電圧を印加し該周波数に対する空燃比センサ素子の交流インピーダンスを検出し、検出した交流インピーダンスに応じて被検出ガスの空燃比をマップから算出するので、算出された空燃比は空燃比センサ素子の出力の温度依拠性が補正されたものとなり、空燃比の検出精度が向上する。また、空燃比センサ素子が劣化したとき、同素子のインピーダンスが新品時より大きい値で活性化されるので、活性化に要する時間が短くなり、空燃比制御が早期に開始でき、機関始動時のエミッションも良好になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による空燃比センサ制御装置の一実施形態の概略構成図である。

【図2】空燃比センサの入出力信号を示す図であり、

(A)は空燃比センサへ印加する入力電圧の波形を示す図であり、(B)は空燃比センサから検出される出力電

流波形を示す図である。

【図3】空燃比センサの電圧-電流特性を示す図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンの前半フローチャートである。

【図5】センサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第1周波数重畳処理のフローチャートである。

【図6】第1周波数重畳処理を遂行するために必要な第1割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図7】第1周波数重畳処理を遂行するために必要な第2割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図8】センサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第2周波数重畳処理のフローチャートである。

【図9】第2周波数重畳処理を遂行するために必要な第3割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図10】第2周波数重畳処理を遂行するために必要な第4割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図11】空燃比センサの劣化補正ルーチンのフローチャートである。

【図12】(A)は空燃比センサの全素子抵抗 $R_s$ と $Z_{ac3}$ との関係を示す図であり、(B)は空燃比センサの素子温度と $Z_{ac3}$ との関係を示す図である。

【図13】空燃比センサの素子温制御目標値 $Z_{actg}$ と $Z_{ac3}$ との関係を示すマップである。

【図14】第1インピーダンス $Z_{ac1}$ とセンサの電流 $I_{ms}$ との2次元マップである。

【図15】空燃比センサの故障判定後の処理ルーチンのフローチャートである。

【図16】空燃比センサの活性判定ルーチンのフローチャートである。

【図17】素子温制御目標値 $Z_{actg}$ と活性判定値 $Z_{acac}$ との関係を示すマップである。

【図18】ヒータ制御ルーチンのフローチャートである。

【図19】酸素濃度検出素子の温度とインピーダンスの相関関係を示す図である。

【図20】空燃比センサ素子の構造を示す図であり、(A)は断面図であり、(B)は電解質部の部分拡大図である。

【図21】空燃比センサ素子の等価回路を示す図である。

【図22】空燃比センサ素子のインピーダンス特性を示す図である。

【図23】空燃比センサ素子への交流印加電圧の周波数と同素子インピーダンスとの関係を示す図である。

【図24】図1に示す本発明による空燃比センサ制御装置の他の実施形態のブロック構成図である。

【図25】図24における空燃比制御ユニット20の説明図である。

【図26】図24におけるLPF17の説明図である。

【図 27】図 24 における空燃比センサ回路 3 の説明図である。

【図 28】本発明の第 2 形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンの前半フローチャートである。

【図 29】センサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第 1 周波数重畳処理のフローチャートである。

【図 30】第 1 周波数重畳処理を遂行するために必要な第 1 割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図 31】第 1 周波数重畳処理を遂行するために必要な第 2 割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図 32】センサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第 2 周波数重畳処理のフローチャートである。

【図 33】第 2 周波数重畳処理を遂行するために必要な第 3 割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図 34】第 2 周波数重畳処理を遂行するために必要な第 4 割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図 35】本発明の第 2 形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンを説明するタイムチャートである。

【図 36】1 点検出法による低周波インピーダンス測定時のセンサ素子の出力を示す図であり、(A) はセンサ素子の印加電圧を示す図であり、(B) はセンサ素子の電流を示す図である。

【図 37】2 点検出法による低周波インピーダンス測定時のセンサ素子の出力を示す図であり、(A) はセンサ素子の印加電圧を示す図であり、(B) はセンサ素子の電流を示す図である。

【図 38】図 37 の (B) の拡大図である。

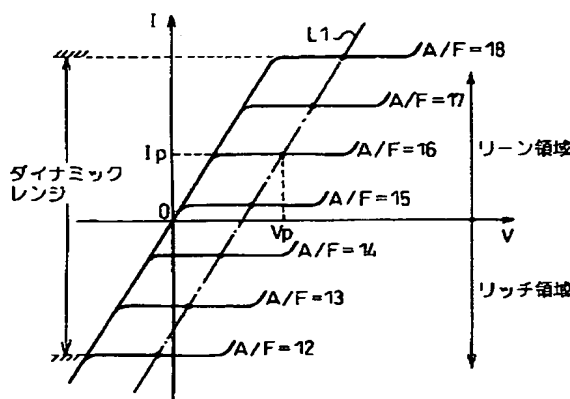
【図 39】低周波パルス印加時のセンサ電流波形を示す図である。

【図 40】低周波パルス印加直後に高周波パルスを印加したときのセンサ電流波形を示す図である。

【図 41】第 2 周波数重畳処理を遂行した直後に第 1 周

【図 3】

図 3



波数重畳処理を再度遂行するために必要なセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第 2 周波数重畳処理のフローチャートである。

【図 42】第 2 周波数重畳処理を遂行した直後に第 1 周波数重畳処理を再度遂行するために必要な第 3 割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図 43】第 2 周波数重畳処理を遂行した直後に第 1 周波数重畳処理を再度遂行するために必要な第 4 割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図 44】第 2 周波数重畳処理を遂行した直後に第 1 周波数重畳処理を再度遂行するために必要な第 5 割込処理ルーチンのフローチャートである。

【図 45】空燃比フィードバック制御ゲインの設定ルーチンのフローチャートである。

【図 46】本発明の第 3 実施形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンの前半フローチャートである。

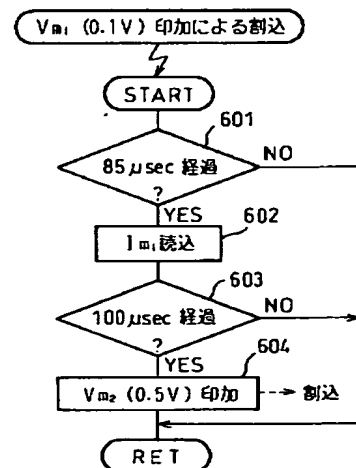
【図 47】本発明の第 3 実施形態に係るセンサ素子のインピーダンス算出ルーチンにおける第 2 周波数重畳処理のフローチャートである。

#### 【符号の説明】

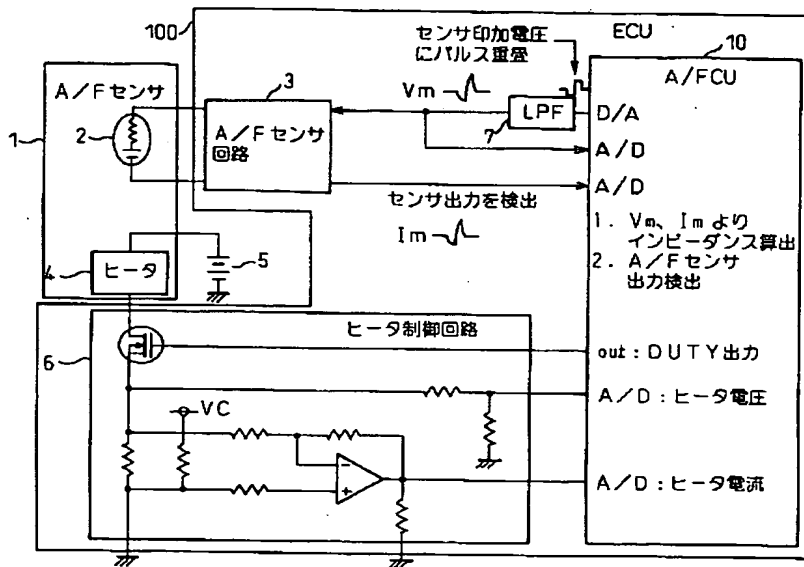
- 1…空燃比センサ
- 2…センサ素子
- 3…センサ制御回路
- 4…ヒータ
- 5…バッテリー
- 6…ヒータ制御回路
- 7、17…ローパスフィルタ (LPF)
- 10…空燃比制御ユニット (A/FCU)
- 11…マイクロコンピュータ
- 12…D/A 変換器
- 13～16…A/D 変換器
- 100…電子制御ユニット (ECU)

【図 6】

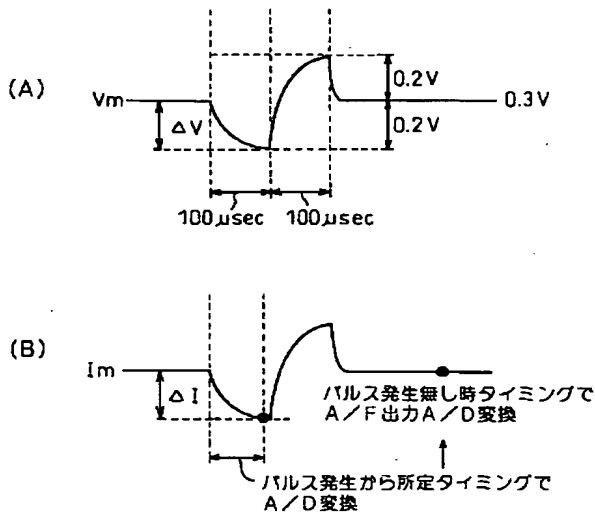
図 6



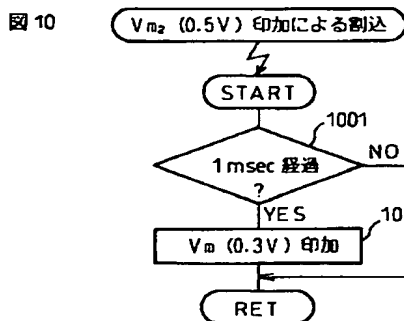
【図1】



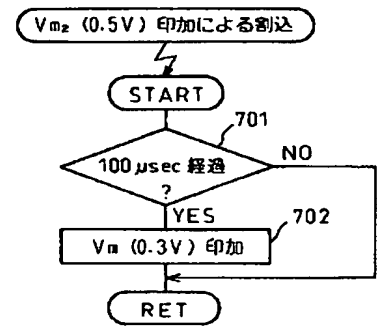
【図2】



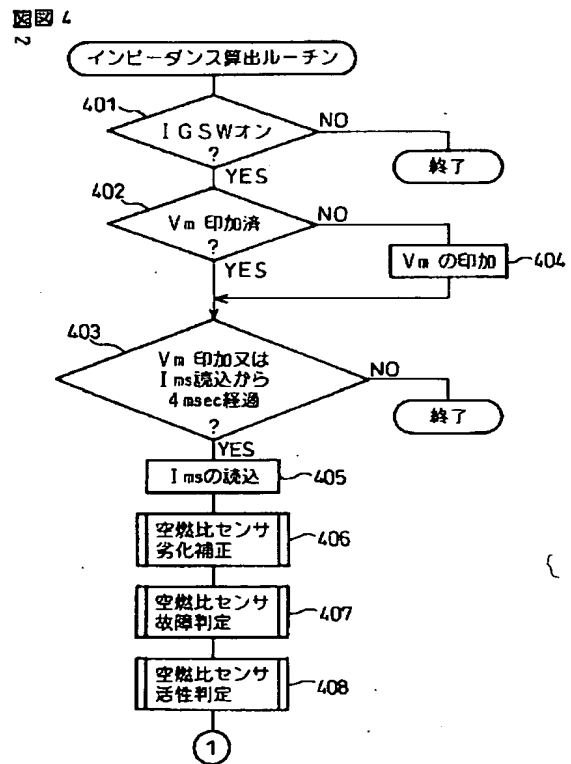
【図10】



【図7】

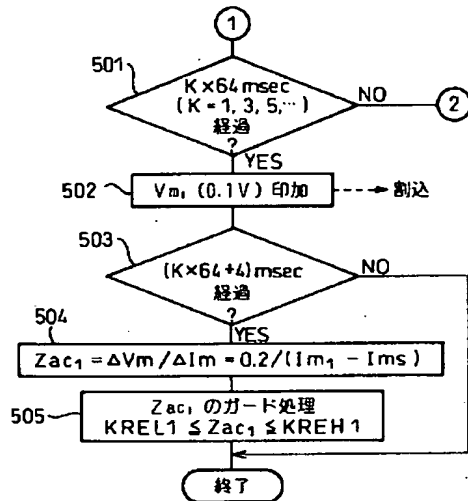


【図4】



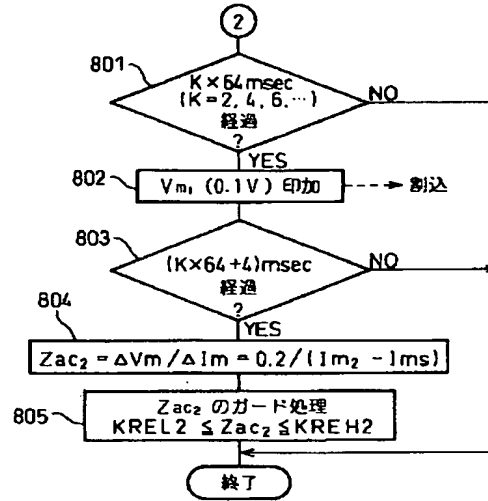
【図5】

図 5



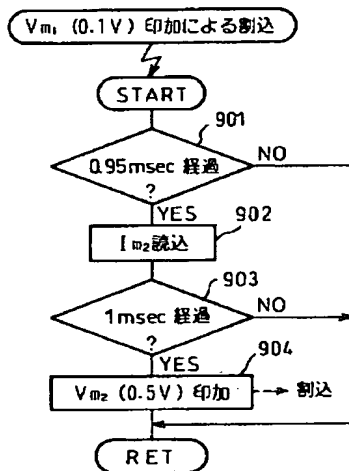
【図8】

図 8



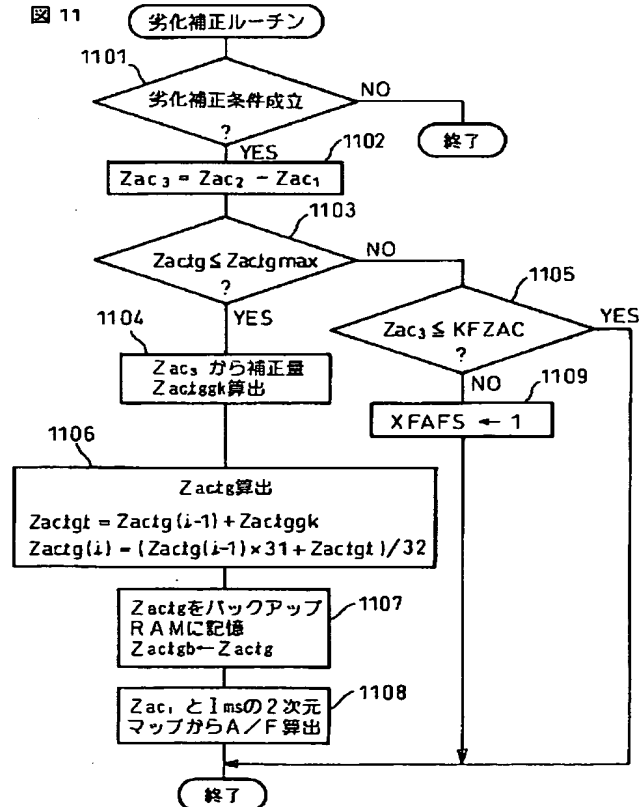
【図9】

図 9



【図11】

図 11

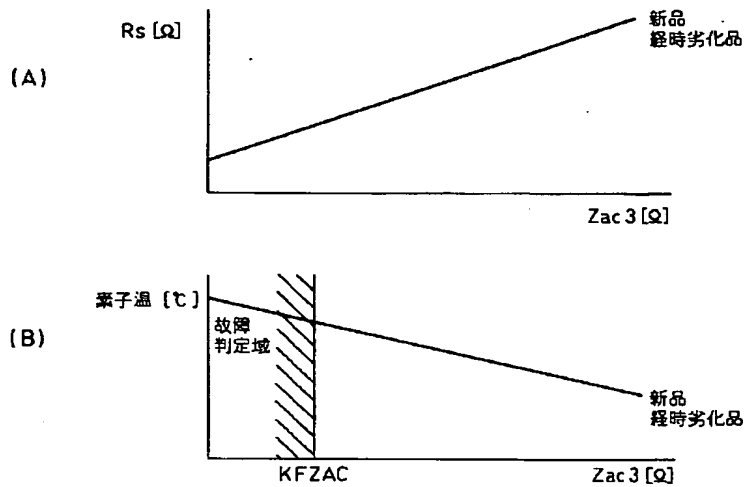


【図14】

図 14

Zac1 \ ms	-6mA	0mA	6mA
30Ω	13	14.5	18
40Ω	12	14.5	20
50Ω	11	14.5	21

【図12】



【図13】

図13

Zac3[Ω]	40	45	50	55	60
Zac1ggk[Ω]	2	0	0	0	-1

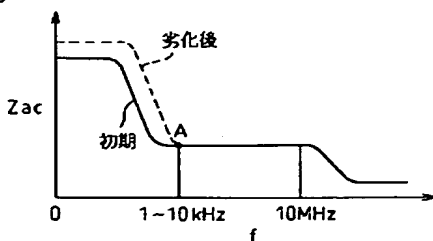
【図17】

図17

Zac1g(Ω)	20	25	30	35	40
Zacac1(Ω)	23	28	32	37	42

【図23】

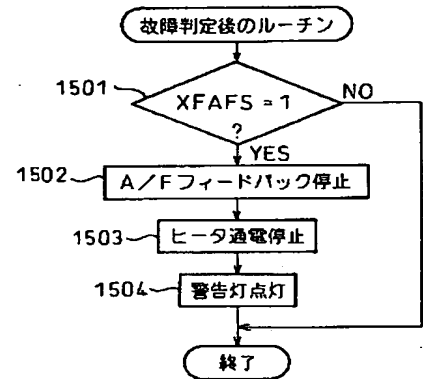
図23



【図15】

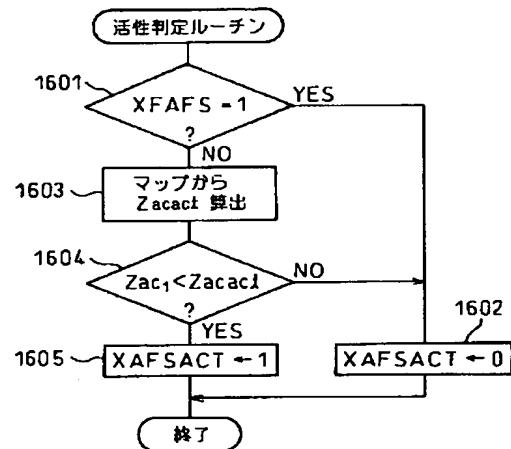
図12

図15



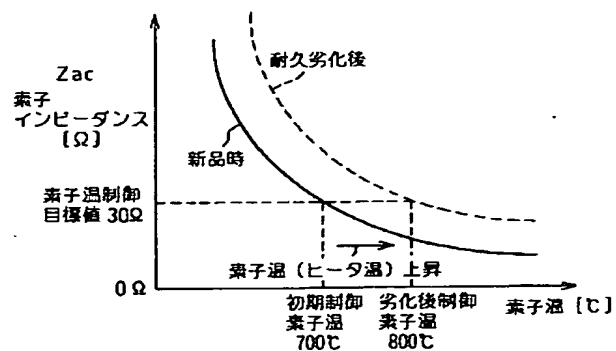
【図16】

図15



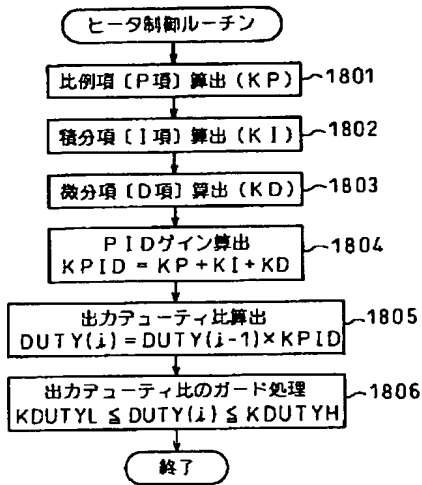
【図19】

図19



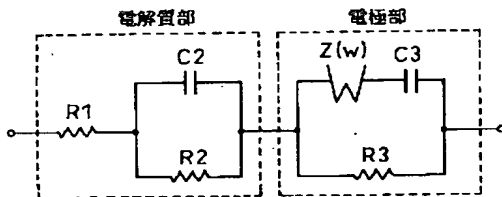
【図18】

図18

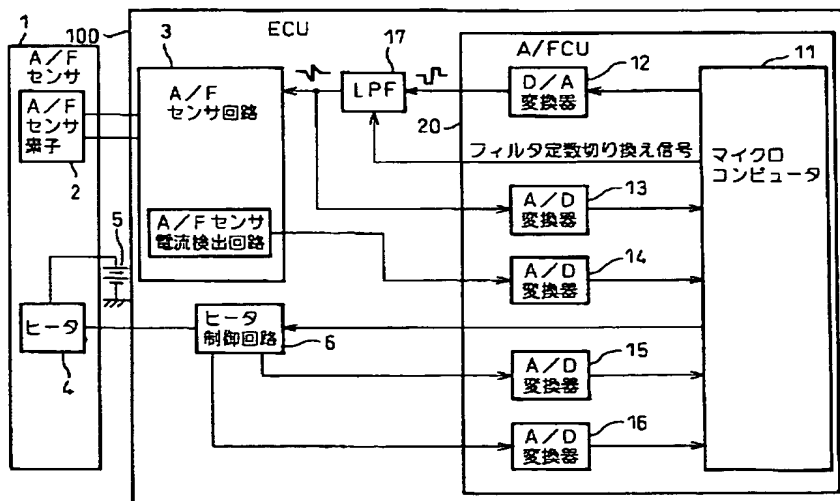


【図21】

図21

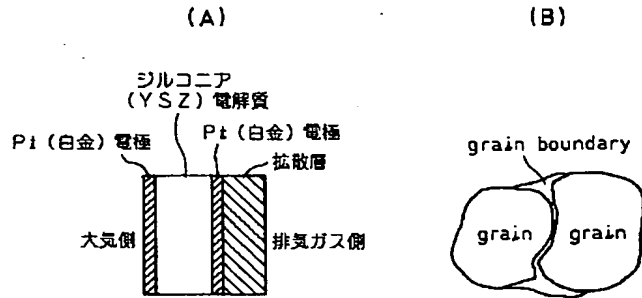


【図24】



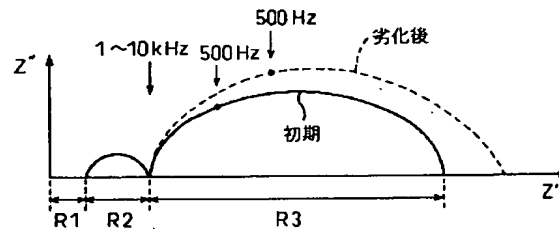
【図20】

図20



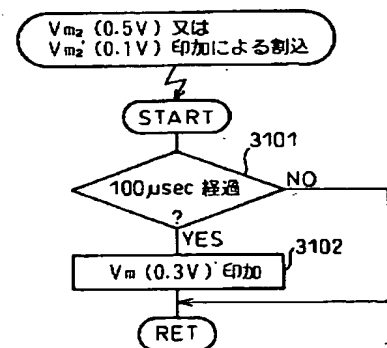
【図22】

図22



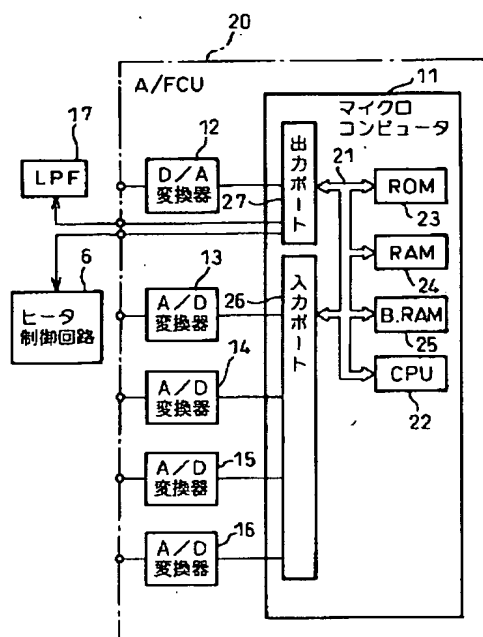
【図31】

図31



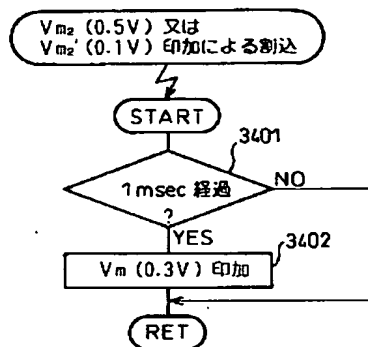
【図 2 5】

図 25



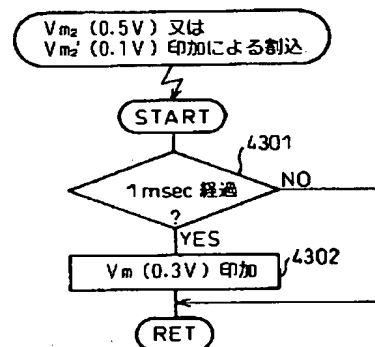
【図 3 4】

図 34



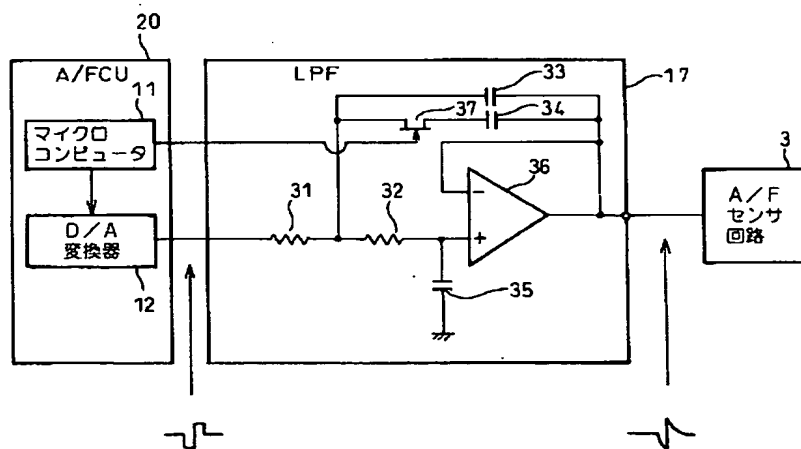
【図 4 3】

図 43

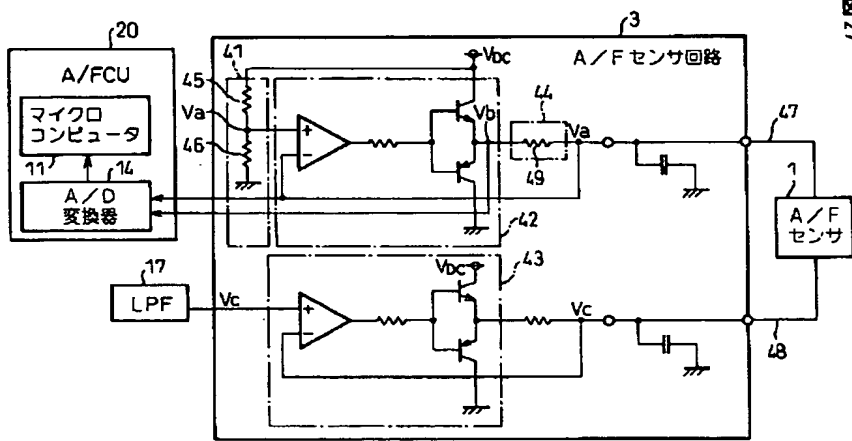


【図 2 6】

図 26

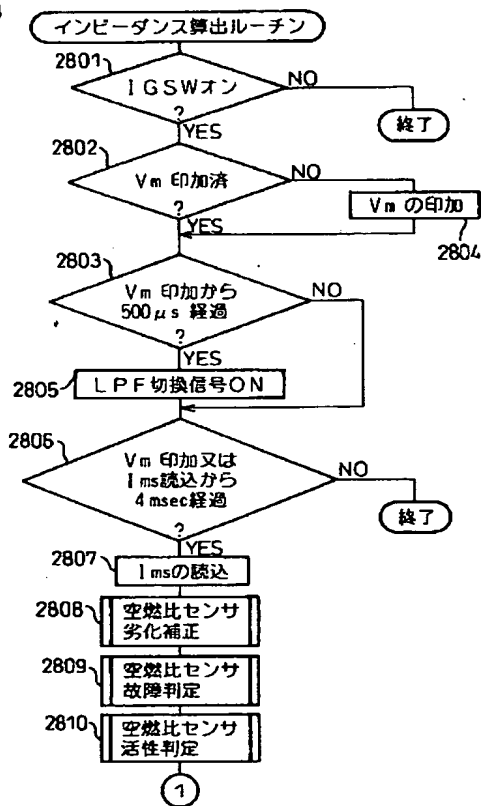


【図27】



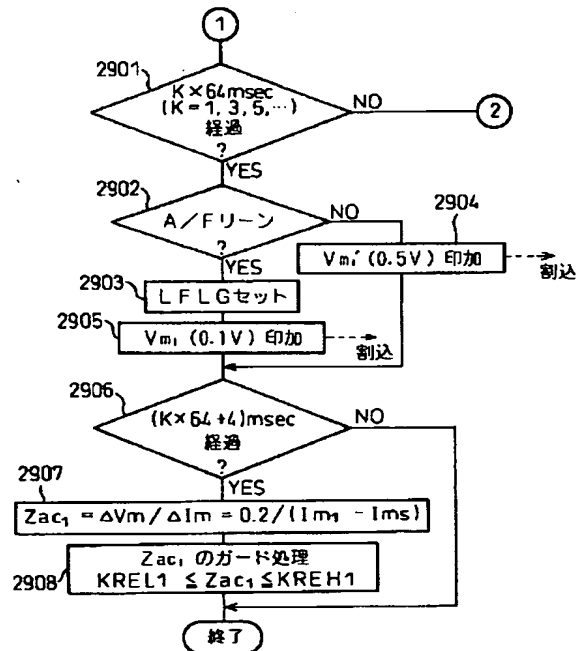
【図28】

図 28



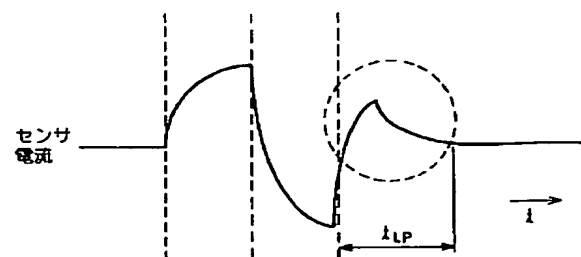
【図29】

図 29



【図39】

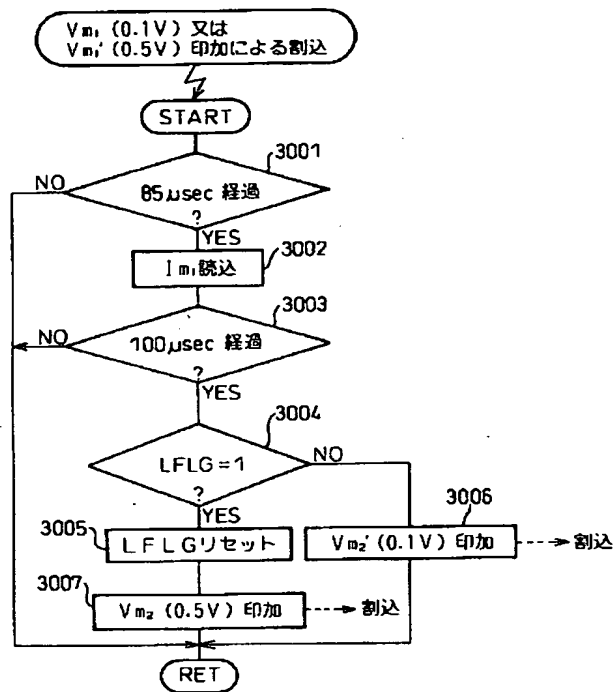
図 39





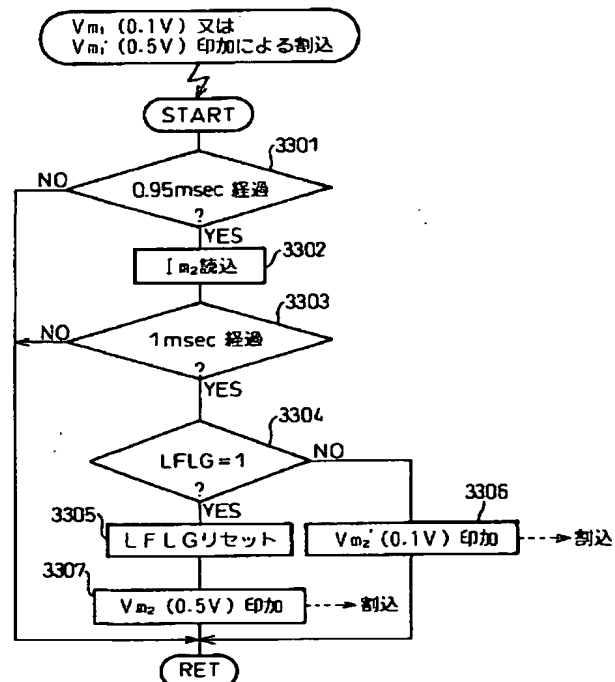
【図30】

図30



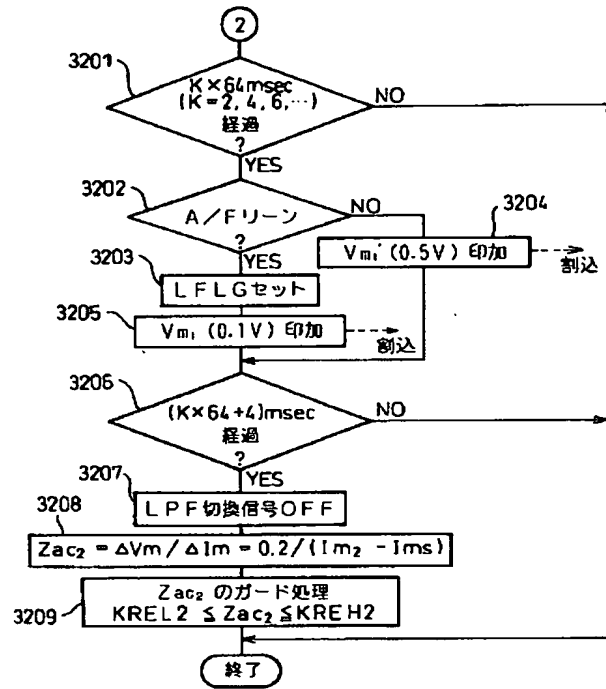
【図33】

図33



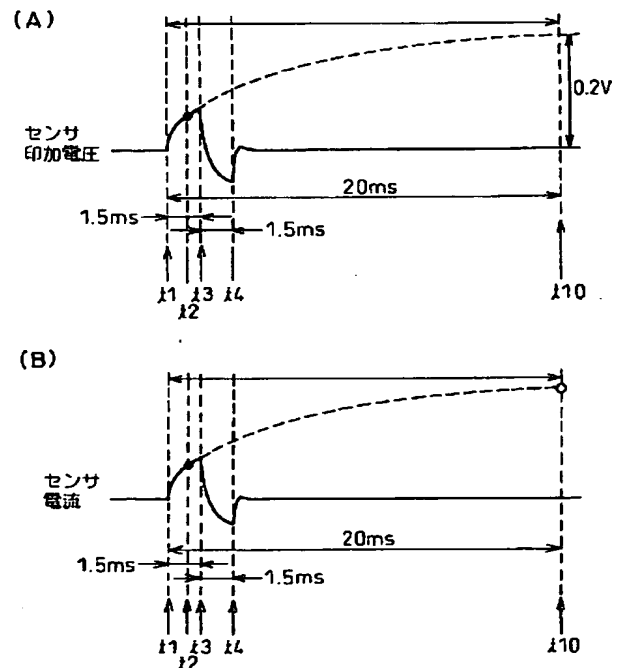
【図32】

図32

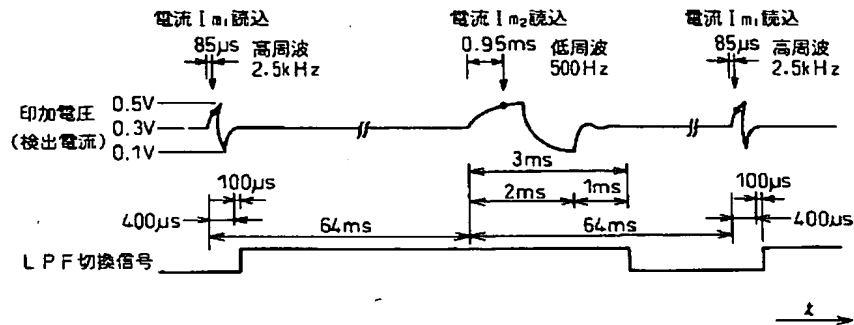


【図36】

図36



【図 35】



【図 37】

図 37

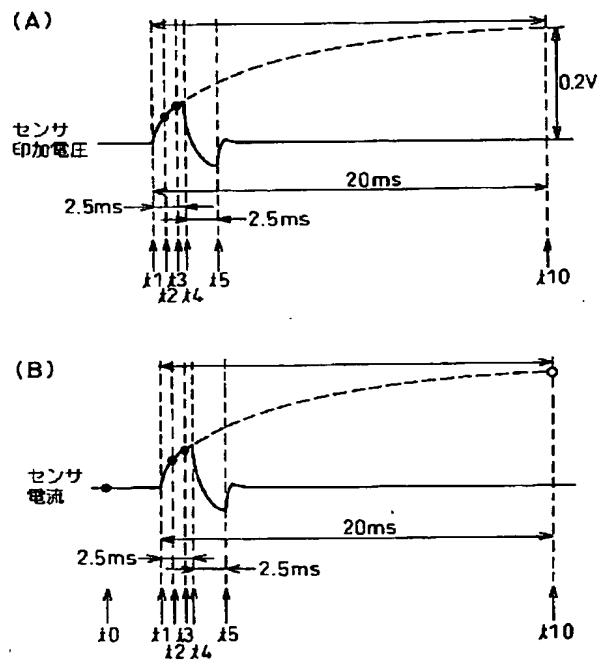
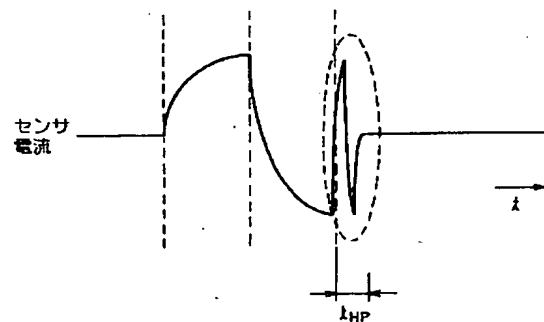


図 35

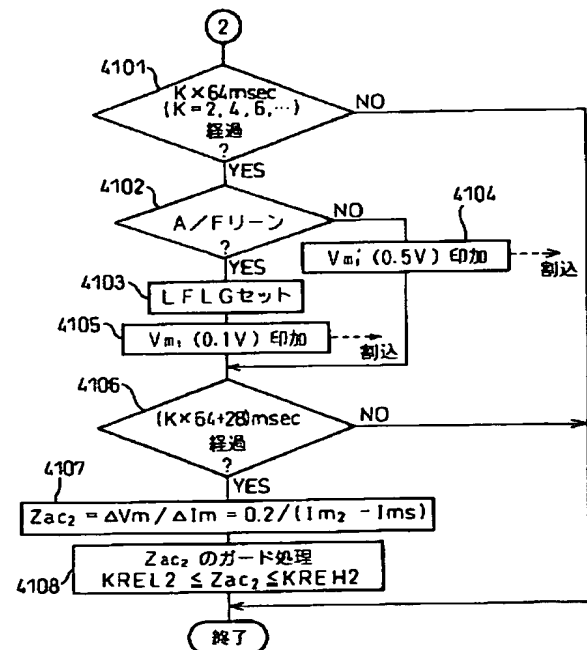
【図 40】

図 40

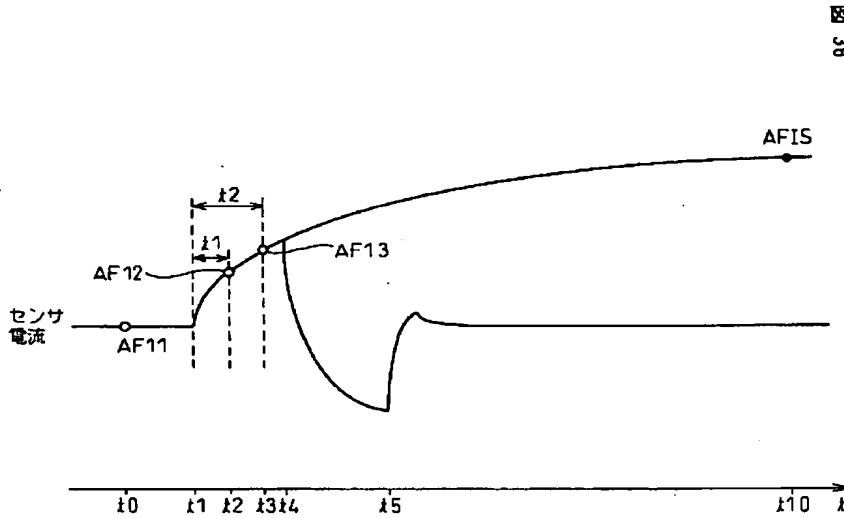


【図 41】

図 41

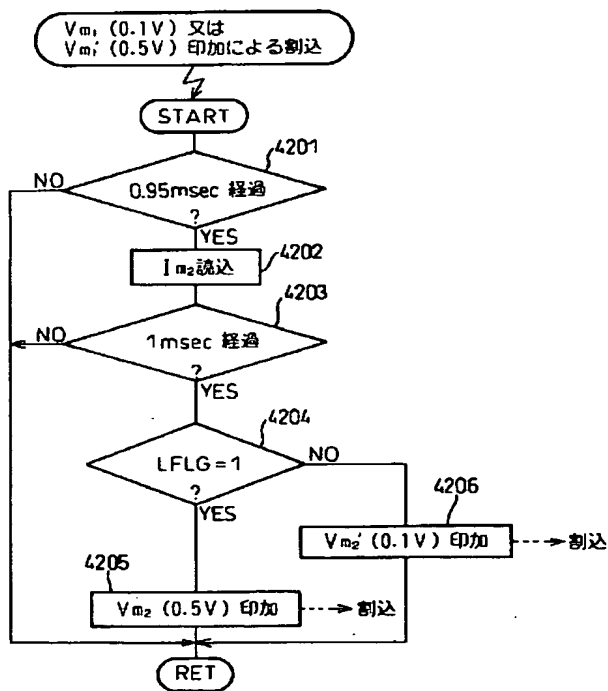


【図38】



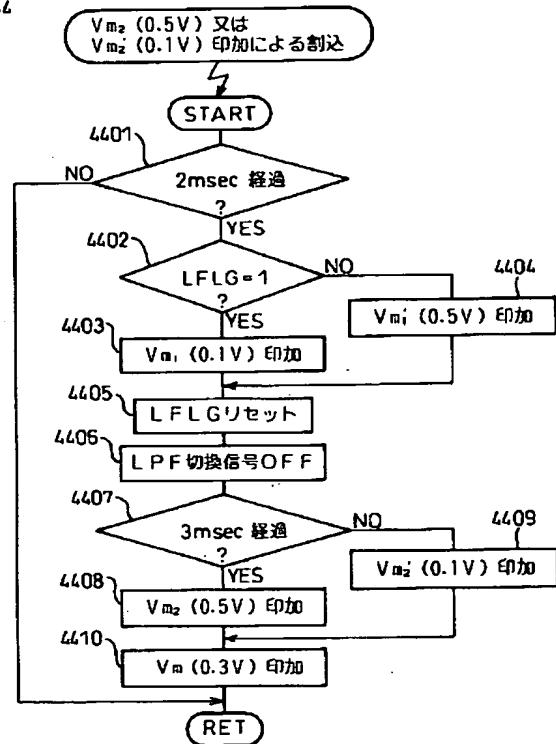
【図42】

図 42



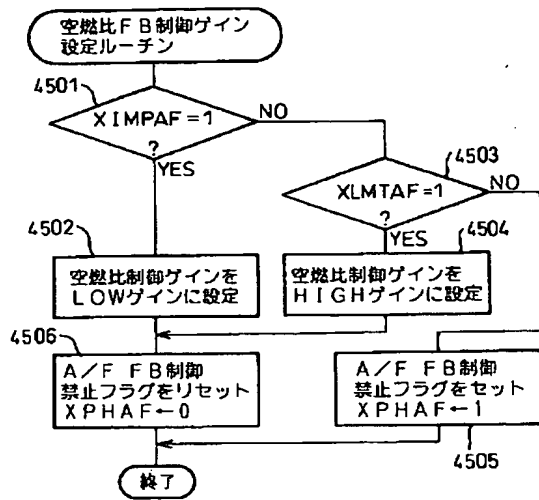
【図44】

図 44



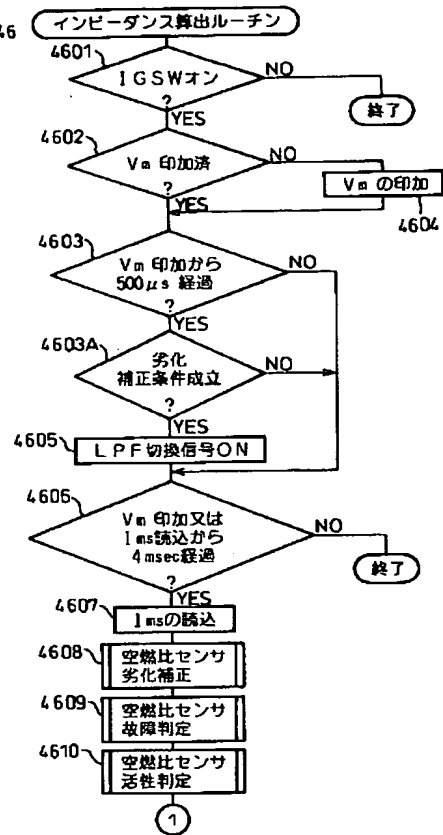
【図 45】

図 45

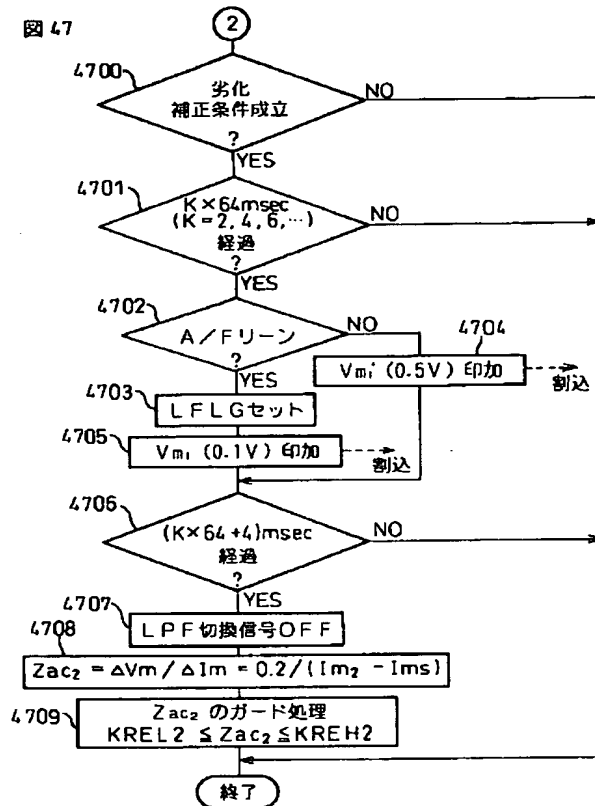


【図 46】

図 46



【図47】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>  
G 0 1 N 27/41

識別記号

F I  
G 0 1 N 27/46

テーマコード\* (参考)

3 2 5 N  
3 2 5 P  
3 2 5 Q

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-046780

(43)Date of publication of application : 18.02.2000

(51)Int.Cl.

G01N 27/26

F02D 41/22

F02D 45/00

G01N 27/02

G01N 27/41

(21)Application number : 10-374543

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 28.12.1998

(72)Inventor : AOKI KEIICHIRO

(30)Priority

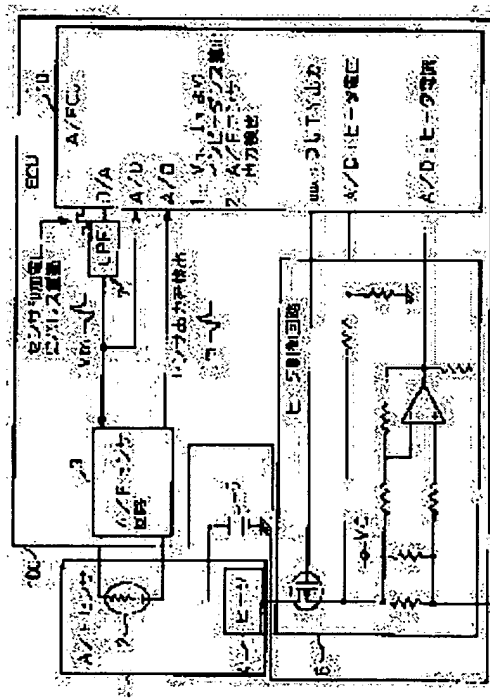
Priority number : 10145822 Priority date : 27.05.1998 Priority country : JP

## (54) CONTROLLER FOR AIR-FUEL RATIO SENSOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To conduct a decision of a deterioration of a sensor element, a correction of an element temperature control target value, and a correction of an air-fuel ratio by obtaining parameters indicting characteristic change of an air-fuel ratio sensor.

**SOLUTION:** The controller 10 for an air-fuel ratio sensor 1 for detecting a current corresponding to an oxygen concentration in gas to be detected by applying a voltage to a sensor element 2 of the sensor 1 comprises an impedance detecting means 10 for applying AC voltages having a plurality of frequencies to the element 2 to detect an AC impedance of the element 2 for the respective frequencies, and a parameter-calculating means 10 for analyzing the AC impedances of the plurality of the frequencies detected by the impedance detecting means to calculate a parameter indicating characteristic change of the element 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] A control unit of an air-fuel ratio sensor which detects current corresponding to an oxygen density in detected gas from this oxygen density sensing element by impressing voltage to an oxygen density sensing element characterized by providing the following An impedance detection means to impress alternating voltage of two or more frequency to said oxygen density sensing element, and to detect an alternating current impedance of this oxygen density sensing element to each of this frequency A parameter calculation means to compute a parameter which analyzes each alternating current impedance of two or more of said frequency detected by said impedance detection means, and shows property change of said oxygen density sensing element

[Claim 2] A control unit of an air-fuel ratio sensor [ equipped with a failure judging means to judge failure of said oxygen density sensing element according to said parameter computed by said parameter calculation means ] according to claim 1.

[Claim 3] A control unit of an air-fuel ratio sensor [ equipped with an air-fuel ratio calculation means to compute an air-fuel ratio of said detected gas from an output value of said oxygen density sensing element according to said parameter computed by said parameter calculation means ] according to claim 1.

[Claim 4] A control unit of an air-fuel ratio sensor [ equipped with an activity judging means to judge whether said oxygen density sensing element is an active state according to said parameter computed by said parameter calculation means ] according to claim 1.

[Claim 5] A control unit of an air-fuel ratio sensor [ equipped with element \*\*\*\*\* which heats this element and controls temperature of this element by energizing a heater attached to said oxygen density sensing element according to said parameter computed by said parameter calculation means ] according to claim 1.

[Claim 6] Said impedance detection means is the control unit of an air-fuel ratio sensor given in claim 1 thru/or any 1 term of 5 which impresses alternating voltage of two different frequency to said oxygen density sensing element among two or more frequency.

[Claim 7] Alternating voltage of two or more of said frequency which said impedance detection means impresses to said oxygen density sensing element is the control unit of an air-fuel ratio sensor given in single shot-[ a term ] claim 1 thru/or any 1 term of 6.

[Claim 8] Said parameter calculation means is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 6 or 7 which computes said parameter among said two or more frequency from a difference of each alternating current impedance of said oxygen density sensing element to two different frequency.

[Claim 9] It is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 6 or 7 chosen from a frequency band which detects an impedance in which the 2nd frequency contains electrode interfacial resistance of this oxygen density sensing element by choosing the 1st frequency from a frequency band which detects resistance of an electrolyte of said oxygen density sensing element between said two different frequency.

[Claim 10] Said impedance detection means is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 6 or 7 which switches said frequency in predetermined sequence in case alternating voltage of frequency from which said plurality differs is impressed to said oxygen density sensing element.

[Claim 11] Said impedance detection means is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 6 or 7 which impresses said alternating voltage through a filter with which a filter constant is switched according to this frequency in case alternating voltage of frequency from which said plurality differs is impressed to said oxygen density sensing element.

[Claim 12] Said impedance detection means is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 11 which sets a filter constant of said filter as a thing corresponding to the frequency concerned until it is completed by current value detected from this oxygen density sensing element, after alternating voltage of predetermined frequency is

[http://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran\\_web CGI-eje?u=http%3A%2F%2Fwww4.ipdl.jpo.go.jp%2FTokujit...](http://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran_web CGI-eje?u=http%3A%2F%2Fwww4.ipdl.jpo.go.jp%2FTokujit...) 3/3/2004

impressed to said oxygen density sensing element and the impression is completed.

[Claim 13] Said impedance detection means is the control unit of an air-fuel ratio sensor given in claim 10 which forbids a change to alternating voltage of different frequency from said predetermined frequency until it is completed by current value detected from this oxygen density sensing element, after alternating voltage of predetermined frequency is impressed to said oxygen density sensing element and the impression is completed thru/or any 1 term of 12.

[Claim 14] Said impedance detection means is the control unit of an air-fuel ratio sensor given in claim 10 which forbids calculation of an air-fuel ratio of said detected gas from an output value of said oxygen density sensing element until it is completed by current value detected from this oxygen density sensing element, after alternating voltage of predetermined frequency is impressed to said oxygen density sensing element thru/or any 1 term of 12.

[Claim 15] Said air-fuel ratio calculation means is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 3 which computes said air-fuel ratio among said two or more frequency based on an alternating current impedance of said oxygen density sensing element to highest frequency.

[Claim 16] Said activity judging means is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 4 which judges whether said oxygen density sensing element is an active state among said two or more frequency based on an alternating current impedance of said oxygen density sensing element to highest frequency.

[Claim 17] When said impedance detection means impresses alternating voltage of predetermined frequency to said oxygen density sensing element by 1 cycle, Impression of this alternating voltage is canceled to the 2nd half cycle in the middle of the 1st half cycle of this alternating voltage in the middle of the change this 2nd half cycle. A control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 6, 8, 11, 12, 13, or 14 which computes said alternating current impedance by measuring voltage impressed into said 1st half cycle to said oxygen density sensing element, and current which flows this oxygen density sensing element then.

[Claim 18] When said impedance detection means impresses alternating voltage of predetermined frequency to said oxygen density sensing element by 1 cycle, Impression of this alternating voltage is canceled to the 2nd half cycle in the middle of the 1st half cycle of this alternating voltage in the middle of the change this 2nd half cycle. A convergence current value of said oxygen density sensing element by impression of said alternating voltage is computed by measuring current which flows said oxygen density sensing element in said 1st half cycle twice [ at least ]. A control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 6, 8, 11, 12, 13, or 14 which computes said alternating current impedance from said alternating voltage and this convergence current value.

[Claim 19] Said impedance detection means is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 6, 8, 11, 12, 13, 14, 17, or 18 which impresses alternating voltage of high frequency by 1 cycle from said low frequency immediately after impressing alternating voltage of low frequency to said oxygen density sensing element by 1 cycle.

[Claim 20] Said impedance detection means is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 1 which detects an impedance of low frequency only when it is in a condition by which a gas ambient atmosphere in which said oxygen density sensing element is installed was stabilized.

[Claim 21] The condition that a gas ambient atmosphere in which said oxygen density sensing element is installed was stabilized is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 20 warming up of the engine by which an air-fuel ratio is controlled using said oxygen density sensing element is carried out, and he is [ sensor ] at the time with little change of the rate of flow of exhaust air.

[Claim 22] A control unit of an air-fuel ratio sensor which detects current corresponding to an oxygen density in detected gas from this oxygen density sensing element by impressing voltage to an oxygen density sensing element characterized by providing the following An impedance detection means to impress alternating voltage of one frequency to said oxygen density sensing element, and to detect an alternating current impedance of this oxygen density sensing element to this frequency An air-fuel ratio calculation means to compute an air-fuel ratio of said detected gas according to said alternating current impedance detected by said impedance detection means

[Claim 23] Said frequency is the control unit of an air-fuel ratio sensor according to claim 22 chosen from 1-10kHz frequency bands.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention detects the impedance of an air-fuel ratio sensor element like the oxygen-density sensing element which detects an internal combustion engine's exhaust-air air-fuel ratio with a sufficient precision for a short time, and it relates about the control unit of an air-fuel ratio sensor based on the impedance which detected to the control unit of the air-fuel ratio sensor which amends aim temperature of the air-fuel ratio sensor element heated by heater energization in order to maintain calculation of the air-fuel ratio from failure of an air-fuel ratio sensor, the judgment of an active state, and the output value of an air-fuel ratio sensor, and the active state of an air-fuel ratio sensor element.

[0002]

[Description of the Prior Art] In Air Fuel Ratio Control of an engine in recent years, in order to arrange an air-fuel ratio sensor and a catalyst in an engine's exhaust air system and to carry out the maximum clarification of the injurious ingredients in exhaust gas (HC, CO, NO<sub>x</sub>, etc.) according to a catalyst, feedback control is carried out so that an engine's exhaust air air-fuel ratio detected by the air-fuel ratio sensor may turn into an aim air-fuel ratio, for example, theoretical air fuel ratio. The oxygen density sensing element of the limiting current type which outputs the limiting current in proportion to the oxygen density contained in the exhaust gas discharged by the engine as this air-fuel ratio sensor is used. The limiting current type oxygen density sensing element is useful in order to detect an engine's exhaust air air-fuel ratio from an oxygen density to a wide area and a linear, to raise the Air Fuel Ratio Control precision or to control to make an engine's exhaust air air-fuel ratio into an aim air-fuel ratio between the broader-based air-fuel ratios of rich - theoretical air fuel ratio (SUTOIKI) - Lean.

[0003] In order that the above-mentioned oxygen density sensing element may maintain the detection precision of an air-fuel ratio, being maintained at an active state is indispensable, and it is performing energization control of a heater by usually energizing the heater attached to the allotropy child from the time of engine start up so that an allotropy child may be heated, early activation may be carried out and the active state may be maintained. Drawing 19 is drawing showing the temperature of an oxygen density sensing element, and the correlation of an impedance. There is a correlation, i.e., the relation that take to lifting of element temperature and the impedance of an element declines, as shown in drawing 19 by the thick wire between the temperature of the above-mentioned oxygen density sensing element (it is only hereafter described as an element) and an impedance. Paying attention to this relation, in energization control of the above heaters, the impedance of an element is detected, element temperature is drawn, and feedback control is carried out so that that element temperature may be set to desired activation temperature, for example, 700-degreeC. At for example, the time ( $Z_{ac} \geq 30$ ) more than of impedance 30ohms of the element with which the impedance  $Z_{ac}$  of an element is equivalent to 700 degree of initial \*\*\*\*\* C as shown in the thick wire of drawing 19, at i.e., the that \*\*\*\*\* is below 700-degreeC time It energizes at a heater, and from 30 ohms, the temperature of an element is maintained at the time of smallness ( $Z_{ac} < 30$ ), i.e., \*\*\*\*\* more than the activation temperature C of 700 degrees by performing control of which energization of a heater is canceled, when exceeding 700-degreeC, and  $Z_{ac}$  is maintaining the active state of an element. Moreover, the amount of energization required in order to lose the deflection ( $Z_{ac} - 30$ ) of the impedance and desired value of an element is calculated at the time of heater energization, and it is performing duty control so that the amount of energization may be supplied.

[0004] According to the conventional technology, in order to face detecting the impedance of the above-mentioned oxygen density sensing element and to detect allotropy child temperature as indicated by JP,9-292364,A, for example, the alternating voltage of one desirable frequency is impressed, and the impedance is detected. Resistance of an allotropy child's electrolyte section can be measured by impression of the voltage of this frequency. However, since

resistance of this electrolyte section did not change with secular change notably, an allotropy child's impedance did not change a lot, either, but was considered that the temperature of the allotropy child who shows by the thick wire of drawing 19, and the relation of an impedance are not concerned with secular change, but abbreviation maintenance is carried out.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, after the above-mentioned oxygen density sensing element carries out durable deterioration, in drawing 19, a dashed line comes to show an allotropy child's temperature, and the correlation of an impedance. Here, the structure, equal circuit, and impedance characteristic of an air-fuel ratio sensor element are explained below. Drawing 20 is drawing showing the structure of an air-fuel ratio sensor element, (A) is a cross section and (B) is the elements on larger scale of the electrolyte section.

[0006] Drawing 21 is drawing showing the equal circuit of an air-fuel ratio sensor element. In drawing 21 R1 For example, the bulk resistor of the electrolyte which consists of a zirconia (the grain section of drawing 20), R2 Electrolytic grain boundary resistance ( grain boundary of drawing 20 section), R3 shows the interfacial resistance of the electrode which consists of platinum, C2 shows the capacity component of an electrolytic grain boundary, C3 shows the capacity component of an electrode interface, and Z (W) shows a part for the impedance produced in order that interface concentration may change periodically, if polarization by alternating current is performed (WARU bull impedance).

[0007] Drawing 22 is drawing showing the impedance characteristic of an air-fuel ratio sensor element. For a horizontal axis, real part  $Z'$  of an impedance  $Z$  and an axis of ordinate are imaginary part  $Z''$ . It is shown. The impedance  $Z$  of an air-fuel ratio sensor element is expressed with  $Z=Z'+jZ''$ . Drawing 22 shows converging the electrode interfacial resistance R3 on 0 as frequency approaches 1-10kHz. Moreover, the curve shown with a dashed line shows the impedance which changed when an air-fuel ratio sensor element deteriorated. The portion of an impedance characteristic shown with this dashed line shows that R3 changes especially with secular change. Moreover, also when the oxygen density of the gas detected by the air-fuel ratio sensor element changes rapidly, an impedance characteristic changes, as a dashed line shows.

[0008] Drawing 23 is drawing showing the relation between the frequency of the AC supply voltage to an air-fuel ratio sensor element, and an allotropy child impedance. About drawing 22, drawing 23 changes a horizontal axis into frequency  $f$ , and changes an axis of ordinate into an impedance  $Z_{ac}$ . Drawing 22 shows converging on a predetermined value ( $R1+R2$ ), and an impedance  $Z_{ac}$  decreasing in a RF side and being completed as R1 by the impedance  $Z_{ac}$  from 10MHz, in near [ frequency 1-10kHz ] -10MHz. In order to detect an impedance  $Z_{ac}$  in the condition of having been stabilized, from this, it turns out that near 1-10kHz where  $Z_{ac}$  is not based on frequency but serves as constant value - near 10MHz are desirable. Moreover, especially the curve shown with a dashed line shows the impedance when impressing the alternating voltage of measurable low frequency (less than 1kHz) for R3 which changes with secular change. The impedance in this low frequency shows the degree of deterioration of an air-fuel ratio sensor element. By the way, as the dashed line of drawing 19 shows, the temperature of an oxygen density sensing element and the correlation of a near [ 1-10kHz ] -10MHz impedance which are an air-fuel ratio sensor element change a lot as compared with the time of a new article after element deterioration.

[0009] However, according to JP,9-292364,A, since only a resisted part of  $R1+R2$  of an air-fuel ratio sensor element is measured, property change of an air-fuel ratio sensor element cannot be caught. Therefore, since the controlling element temperature after element deterioration will increase gradually, for example, it will be set as 800-degreeC if energization control of a heater is continued maintaining the element impedance  $Z_{ac}$  as element \*\*\*\*\* desired value to 30 ohms, fault heating is carried out, deterioration is promoted and the problem that a life falls produces an element.

[0010] Moreover, if \*\*\*\*\* or an element property changes and calculation of the air-fuel ratio from the output value of an air-fuel ratio sensor becomes incorrectness, the problem that an engine's emission gets worse will arise. Or when failure of an air-fuel ratio sensor and the judgment of an active state are performed based on the element impedance detected in the condition that such \*\*\*\*\* or an element property is changing, there is a problem that these exact judgments cannot be performed.

[0011] So, this invention solves these problems and it aims at offering the control unit of the air-fuel ratio sensor which amends calculation of the air-fuel ratio from failure of an air-fuel ratio sensor, the judgment of an active state, and the output value of an air-fuel ratio sensor, and aim temperature of an air-fuel ratio sensor element in consideration of property change of an air-fuel ratio sensor element based on the impedance which detected and detected the impedance of an air-fuel ratio sensor element to accuracy for a short time.

[0012]

[Means for Solving the Problem] A control unit of an air-fuel ratio sensor by this invention which solves said problem

In a control unit of an air-fuel ratio sensor which detects current corresponding to an oxygen density in detected gas from this oxygen density sensing element by impressing voltage to an oxygen density sensing element. An impedance detection means to impress alternating voltage of frequency from which plurality differs to said oxygen density sensing element, and to detect an alternating current impedance of this oxygen density sensing element to each of this frequency. Each alternating current impedance of two or more of said frequency detected by said impedance detection means is analyzed, and it is characterized by having a parameter calculation means to compute a parameter which shows property change of said oxygen density sensing element.

[0013] The above-mentioned configuration analyzes each alternating current impedance which detected two or more alternating current impedances of an air-fuel ratio sensor element, and was detected, and a property parameter which shows property change of an air-fuel ratio sensor element is called for, and it becomes controllable [ versatility ] using this parameter. This invention is equipped with a failure judging means to judge failure of said oxygen density sensing element in a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again according to said parameter computed by said parameter calculation means.

[0014] This invention is equipped with an air-fuel ratio calculation means to compute an air-fuel ratio of said detected gas from an output value of said oxygen density sensing element in a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again according to said parameter computed by said parameter calculation means. This invention is equipped with an activity judging means to judge whether said oxygen density sensing element is an active state in a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again according to said parameter computed by said parameter calculation means. This invention is equipped with element \*\*\*\*\* which heats this element and controls temperature of this element by energizing a heater attached to said oxygen density sensing element in a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again according to said parameter computed by said parameter calculation means. In a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor, as for this invention, said impedance detection means impresses alternating voltage of two different frequency to said oxygen density sensing element among two or more frequency again. Single shot-like [ alternating voltage of two or more of said frequency to which said impedance detection means impresses this invention to said oxygen density sensing element in a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again ]. This invention computes said parameter in a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again from a difference of each alternating current impedance of said oxygen density sensing element [ as opposed to inside of two or more of said frequency, and two different frequency in said parameter calculation means ].

[0015] Inside of said two different frequency and the 1st frequency are chosen from a frequency band where this invention detects resistance of an electrolyte of said oxygen density sensing element in a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again, and the 2nd frequency is chosen from a frequency band which detects an impedance containing electrode interfacial resistance of this oxygen density sensing element. In a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor, this invention switches said frequency in predetermined sequence again, in case said impedance detection means impresses alternating voltage of frequency from which said plurality differs to said oxygen density sensing element. In a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor, this invention impresses said alternating voltage again through a filter with which a filter constant is switched according to this frequency, in case said impedance detection means impresses alternating voltage of frequency from which said plurality differs to said oxygen density sensing element. Detection precision of an impedance improves by the above-mentioned configuration. In a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor, this invention sets a filter constant of said filter as a thing corresponding to the frequency concerned again until it is completed by current value which alternating voltage of predetermined frequency is impressed to said oxygen density sensing element, and the impression ends said impedance detection means, and is detected from this oxygen density sensing element. Detection precision of an impedance improves by the above-mentioned configuration. In a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor, this invention forbids a change to alternating voltage of different frequency from said predetermined frequency again until it is completed by current value detected from this oxygen density sensing element, after alternating voltage of predetermined frequency is impressed to said oxygen density sensing element and the impression ends said impedance detection means. In a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor, this invention forbids calculation of an air-fuel ratio of said detected gas from an output value of said oxygen density sensing element again until a current value detected from this oxygen density sensing element converges said impedance detection means, after alternating voltage of predetermined frequency is impressed to said oxygen density sensing element. Since an air-fuel ratio cannot be computed to accuracy if an air-fuel ratio in detected gas is computed from an output (limiting current) value of an oxygen density sensing element while applied voltage is carrying out the amplitude in case an impedance of low frequency will be detected, for example, if it explains more concretely, calculation of an air-fuel ratio in the meantime is forbidden by the above-mentioned configuration. This invention computes said air-fuel ratio in a control unit of the

above-mentioned air-fuel ratio sensor again based on an alternating current impedance of said oxygen density sensing element [ as opposed to inside of two or more of said frequency, and highest frequency in said air-fuel ratio calculation means ].

[0016] Based on an alternating current impedance of said oxygen density sensing element [ as opposed to / this invention / in / again / a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor / inside of two or more of said frequency, and highest frequency in said activity judging means ], it judges whether said oxygen density sensing element is an active state. This invention is set to a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again. Said impedance detection means When alternating voltage of predetermined frequency is impressed to said oxygen density sensing element by 1 cycle, Impression of this alternating voltage is canceled to the 2nd half cycle in the middle of the 1st half cycle of this alternating voltage in the middle of the change this 2nd half cycle. Said alternating current impedance is computed by measuring voltage impressed into said 1st half cycle to said oxygen density sensing element, and current which flows this oxygen density sensing element then. By the above-mentioned configuration, while detection precision of an impedance improves, detection time is shortened, calculation impossible time amount of an air-fuel ratio detected from sensor current at the time of direct-current-voltage impression is shortened, and feed-back-control-of-air-fuel-ratio impossible time amount is shortened. This invention is set to a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again. Said impedance detection means When alternating voltage of predetermined frequency is impressed to said oxygen density sensing element by 1 cycle, Impression of this alternating voltage is canceled to the 2nd half cycle in the middle of the 1st half cycle of this alternating voltage in the middle of the change this 2nd half cycle. In said 1st half cycle, a convergence current value of said oxygen density sensing element by impression of said alternating voltage is computed by measuring current which flows said oxygen density sensing element twice [ at least ], and said alternating current impedance is computed from said alternating voltage and this convergence current value. By the above-mentioned configuration, while detection precision of an impedance improves, detection time is shortened.

[0017] In a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor, this invention impresses alternating voltage of high frequency by 1 cycle from said low frequency again, immediately after said impedance detection means impresses alternating voltage of low frequency to said oxygen density sensing element by 1 cycle. By the above-mentioned configuration, discharge of a charge in a capacity component of a sensor element after alternating-voltage pulse impression termination is terminated for a short time, current which flows a sensor element is completed for a short time, and air-fuel ratio calculation impossible time amount can be shortened. In a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor, this invention detects an impedance of low frequency among said two or more frequency again, only when said impedance detection means is in a condition by which an ambient atmosphere, for example, the exhaust air rate of flow, and an air-fuel ratio of said oxygen density sensing element were stabilized. Since frequency where an impedance of low frequency is detected decreases by the above-mentioned configuration, time amount of an engine's feed back control of air-fuel ratio out of control also decreases. Warming up of the engine by which an air-fuel ratio is controlled using said oxygen density sensing element is carried out, and the condition that an ambient atmosphere of the above-mentioned oxygen density sensing element was stabilized by this invention in a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor again is at the time with little change of the rate of flow of exhaust air. Precision of amendment of calculation of an air-fuel ratio at the time of low temperature until detection precision of an impedance of low frequency improves, deterioration of a sensor element and the reliability of an activity judging improve and an air-fuel ratio sensor results in an active state by the above-mentioned configuration, and aim temperature of an air-fuel ratio sensor element improves.

[0018] A control unit of an air-fuel ratio sensor by this invention which solves said problem In a control unit of an air-fuel ratio sensor which detects current corresponding to an oxygen density in detected gas from this oxygen density sensing element by impressing voltage to an oxygen density sensing element An impedance detection means to impress alternating voltage of one frequency to said oxygen density sensing element, and to detect an alternating current impedance of this oxygen density sensing element to this frequency, It is characterized by having an air-fuel ratio calculation means to compute an air-fuel ratio of said detected gas according to said alternating current impedance detected by said impedance detection means. In a control unit of the above-mentioned air-fuel ratio sensor, said frequency is chosen for this invention from 1-10kHz frequency bands again. Since an air-fuel ratio computed from an alternating current impedance detected by the above-mentioned configuration by impressing alternating voltage of one frequency, for example, frequency chosen from 1-10kHz, becomes that by which the temperature dependence of an output of an oxygen density sensing element was amended, its detection precision of an air-fuel ratio improves. Moreover, when an oxygen density sensing element deteriorates by the above-mentioned configuration, time amount which activation takes since an allotropy child is activated becomes short at a value with a larger impedance of an

oxygen density sensing element than the time of a new article, feed back control of air-fuel ratio can be started at an early stage, and exhaust air emission at the time of engine start up improves.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained in details, referring to an accompanying drawing. Drawing 1 is the outline block diagram of 1 operation gestalt of the air-fuel ratio sensor control equipment by this invention. The same sign shows the same thing after drawing 1. The air-fuel ratio sensor 1 which is arranged in the flueway of the internal combustion engine which does not illustrate, and detects an engine's exhaust air air-fuel ratio consists of an air-fuel ratio sensor element (it is hereafter described as a sensor element) 2, and a heater 4, voltage is impressed to the sensor element 2 from the air-fuel ratio sensor circuit (it is hereafter described as a sensor circuit) 3, and power is supplied to a heater 2 according to control of the heater control circuit 6 from a battery 5. The sensor circuit 3 receives the applied voltage of an analog from the Air Fuel Ratio Control unit (A/FCU) 10 which consists of a microcomputer through a low pass filter (LPF) 7, and impresses it to the sensor element 2.

[0020] After A/FCU10 changes into rectangle-like analog voltage the digital data which computed some electronic control units (ECU) 100 according to nothing and the below-mentioned processing with the sensor circuit 3, the heater control circuit 6, and LPF7 with the D/A converter in which it was prepared inside, it is outputted to the sensor circuit 3 through LPF7. LPF7 has prevented the detection error of the output current of the sensor element 2 anneal, output a signal and according to a RF noise when the high frequency component of a rectangle-like analog voltage signal was removed. The applied voltage to the current which flows this sensor element 2 from which A/FCU10 changes in proportion to the oxygen density in detected gas, i.e., exhaust gas, with the impression to the sensor element 2 of the voltage of a signal, and the sensor element 2 at that time is detected by annealing. A/FCU10 is used for the processing which receives the analog voltage equivalent to the current which flows for the sensor element 2 from the sensor circuit 3 with each A/D converter formed in the interior, and the applied voltage to the sensor element 2, changes into digital data, and mentions these digital data later in order to detect such current and voltage. The air-fuel ratio sensor 1 cannot use the output for Air Fuel Ratio Control, unless the sensor element 2 will be in an active state. For this reason, the electric power supply of A/FCU10 is carried out to the heater 4 built in the sensor element 2 from the battery 5 at the time of engine start up, it energizes a heater 4 and performs early activation of the sensor element 2, and after the sensor element 2 is activated, it carries out an electric power supply to a heater 4 so that that active state may be maintained.

[0021] However, paying attention to resistance of the sensor element 2 being dependent on the temperature of the sensor element 2, i.e., taking and decreasing to buildup of sensor element temperature, the resistance equivalent to the temperature to which resistance of the sensor element 2 maintains the active state of the sensor element 2, for example, the control which maintains the temperature of the sensor element 2 to aim temperature, for example, 700-degreeC, by carrying out an electric power supply to a heater 4 so that it may be set to 30 ohms, is performed. Moreover, the Air Fuel Ratio Control unit (A/FCU) 10 is used for the processing which receives the voltage of a heater 4, and the analog voltage equivalent to current from the heater control circuit 6 which heats the sensor element 2 with the A/D converter formed in the interior, changes into digital data, and mentions this digital data later. For example, the resistance of a heater 4 is computed, and while performing the electric power supply according to an engine's operational status at a heater 4 based on this resistance, temperature control of a heater 4 is performed so that the fault temperature up (OT) of a heater 4 may be prevented.

[0022] CPU, ROM and RAM which were mutually connected by the bidirectional bus which is not illustrated, B(battery back-up).RAM, input port, an output port, an A/D converter, and a D/A converter are provided, and the Air Fuel Ratio Control unit (A/FCU) 10 controls the air-fuel ratio sensor 1 of this invention mentioned later. Drawing 2 is drawing showing the I/O signal of an air-fuel ratio sensor, (A) is drawing showing the wave of the input voltage impressed to an air-fuel ratio sensor, and (B) is drawing showing the wave of the output current detected from an air-fuel ratio sensor. A horizontal axis shows time amount and an axis of ordinate shows voltage. As shown in (A) of drawing 2, regular direct-current-voltage 0.3V are impressed as input voltage  $V_m$  impressed to an air-fuel ratio sensor. In order to measure the impedance of a sensor element, by activation of a routine mentioned later, the pulse voltage of the 1st frequency of  $0.2V$  is overlapped on the above-mentioned direct-current-voltage 0.3V, and is impressed to an air-fuel ratio sensor. On the other hand, as shown in (B) of drawing 2, while the output current  $I_m$  detected from an air-fuel ratio sensor is impressing only direct-current-voltage 0.3V to an air-fuel ratio sensor, the value (limiting current value) according to the oxygen density of the occasional measured gas is shown, but if the above-mentioned pulse voltage  $0.2V$  are superimposed on direct-current-voltage 0.3V and impressed to an air-fuel ratio sensor, sensor current will change according to element resistance. The impedance of a sensor element is computed by detecting change of the output current from the applied voltage and the air-fuel ratio sensor to an air-fuel ratio sensor at this time. It is as the impedance characteristic of this air-fuel ratio sensor element being shown in drawing 22 and drawing 23.



[0023] Drawing 3 is drawing showing the voltage-current property of an air-fuel ratio sensor. The applied voltage  $V$  to an air-fuel ratio sensor is shown on a horizontal axis, and the output current  $I$  of an air-fuel ratio sensor is shown on an axis of ordinate. Applied voltage  $V$  and the output current  $I$  are in abbreviation proportionality, and if an air-fuel ratio is Lean, if the air-fuel ratio is rich, a current value will change to a positive side to a negative side, so that drawing 3 may show (see the ultimate lines L1 shown in drawing 3 with a dashed line). That is, the limiting current increases, so that an air-fuel ratio is on the Lean side, and the limiting current decreases, so that an air-fuel ratio is on a rich side. Moreover, when the output current  $I$  is 0mA, an air-fuel ratio turns into theoretical air fuel ratio ( $= 14.5$ ).

[0024] Next, the calculation routine of the impedance of this sensor element is explained below at details. Drawing 4 is the first half flow chart of the impedance calculation routine of the sensor element concerning the 1st gestalt of this invention, and shows the second half flow chart of the impedance calculation routine of a sensor element to drawing 5 - drawing 10. In more detail, drawing 5 is the flow chart of the 1st (high) frequency superposition processing in the impedance calculation routine of a sensor element, it is the flow chart of an interruption handling routine required in order that drawing 6 and drawing 7 may carry out the 1st frequency superposition processing, drawing 8 is the flow chart of the 2nd (low) frequency superposition processing in the impedance calculation routine of a sensor element, and drawing 9 and drawing 10 are the flow charts of an interruption handling routine required in order to carry out the 2nd frequency superposition processing. The routine shown in drawing 4, drawing 5, and drawing 8 is performed for every predetermined period, for example, msec.

[0025] First, at step 401, an ignition switch IGSW (not shown) distinguishes [ ON or ] whether it is off, when IGSW is ON, it progresses to step 402, and when IGSW is OFF, this routine is ended. At step 402, it distinguishes whether the direct current voltage of  $V_m=0.3V$  is already impressed to the air-fuel ratio sensor 1, when the distinction result is YES, it progresses to step 403, and when the distinction result is NO, it progresses to step 404. At step 404, the direct current voltage of 0.3V is impressed to an air-fuel ratio sensor.

[0026] After reading the current  $I_{ms}$  of an air-fuel ratio sensor into the last processing period of that it is the stage when 4msec(s) have passed at step 403 after impressing the direct current voltage of 0.3V to the air-fuel ratio sensor at step 404, or this routine, it distinguishes with a counter whether it is the stage when 4msec(s) passed, when either of these distinction results is YES, it progresses to step 405, and this routine is ended when both the distinction result is NO. At step 405, the current  $I_{ms}$  of an air-fuel ratio sensor is read. Current  $I_{ms}$  is read every 4msec(s) so that these steps may show.

[0027] At step 406, deterioration amendment processing of the air-fuel ratio sensor mentioned later is performed, at step 407, failure judging processing of the air-fuel ratio sensor mentioned later is performed, and activity judging processing of the air-fuel ratio sensor mentioned later is performed in step 408. Next, the flow chart of the 1st frequency superposition processing of the impedance calculation routine of a sensor element is explained, referring to drawing 5 - drawing 7 mutually. The example using 5kHz as the 1st frequency explains. First, at step 501, YES, i.e., this time, a processing period distinguishes with a counter whether it is the stage which carried out  $k \times 64msec$  ( $k$  is odd number 1, 3, and 5 and --) progress from this routine initiation this time, and it progresses to step 502 at the time, and from this routine initiation, a processing period progresses [ these distinction results ] to step 801 (refer to drawing 8), when [ of 64msec(s), 192msec 320msec and -- ] the distinction result is NO. At step 502, the pulse voltage of -0.2V is superimposed on the applied voltage  $V_m (=0.3V)$  to an air-fuel ratio sensor. Therefore, the applied voltage  $V_{m1}$  to the air-fuel ratio sensor at this time is set to 0.1V. Moreover, at step 502, the 1st timer interruption shown in drawing 6 is started.

[0028] Here, the 1st timer-interruption processing of drawing 6 is explained. At step 601, it distinguishes whether 85 microseconds passed after starting of the 1st timer interruption of the above, when the distinction result is YES, it progresses to step 602, and the output current  $I_{m1}$  of an air-fuel ratio sensor is returned to step 601, when read in and its distinction result are NO(s). At step 603, it distinguishes whether 100 microseconds passed after starting of the 1st timer interruption of the above, when the distinction result is YES, it progresses to step 604 and the voltage of  $V_{m2}=0.5V$  is impressed to an air-fuel ratio sensor, and when the distinction result is NO, it returns to step 601. Moreover, at step 604, the 2nd timer interruption shown in drawing 7 is started.

[0029] Here, the 2nd timer-interruption processing of drawing 7 is explained. At step 701, it progresses to step 702, when the distinction result is YES, it distinguishes whether 100 microseconds passed after starting of the 2nd timer interruption of the above, the voltage of  $V_m=0.3V$  is impressed to an air-fuel ratio sensor, and it returns to the usual air-fuel ratio detection condition, and when the distinction result is NO, it returns to step 701.

[0030] Again, it returns to drawing 5. At step 503, a processing period distinguishes whether it is the stage which carried out msec ( $k$  is odd number 1, 3, and 5 and --) progress ( $k \times 64 + 4$ ) from this routine initiation this time, when the distinction result is YES, it progresses to step 504, and when the distinction result is NO, this routine is ended. At step

504, it is the 1st (RF) impedance  $Z_{ac1}$  at the time of the 1st frequency voltage impression. It calculates from a degree type.

[0031]

$Z_{ac1} = \Delta V_m / \Delta I_m = 0.2 / (I_{m1} - I_{ms})$

At step 505, it is  $Z_{ac1}$ . Guard processing 1, i.e.,  $Z_{ac}$  Processing set to  $KREL1 \leq Z_{ac1} \leq KREH1$  stored between the minimum guard value  $KREL1$  and the maximum guard value  $KREH1$  is performed. Specifically, it is  $Z_{ac1}$ . When it is  $KREL1 \leq Z_{ac1} \leq KREH1$ , it supposes that it remains as it is, and it is made into  $Z_{ac1} = KREL1 = 1$  (omega) at the time of  $Z_{ac1} < KREL1$ , and is  $KREH1 < Z_{ac1}$ . Processing set to  $Z_{ac1} = KREH1 = 200$  (omega) is performed at the time. In addition, since the data based on disturbance, an A/D-conversion error, etc. is usually disregarded, guard processing is performed.

[0032] Next, the flow chart of the 2nd frequency superposition processing of the impedance calculation routine of a sensor element is explained, referring to drawing 8 - drawing 10 mutually. The example using 500Hz as the 2nd frequency explains. Step 801 is performed when judged with NO at step 501 in the flow chart of drawing 5. At step 801, it distinguishes with a counter whether it is the stage when  $k \times 64 \text{ msec}$  ( $k$  is even number 2, 4, and 6 and --) passed from this routine initiation, when these distinction results are YES, i.e., 128msec(s), 256msec, 384msec, and --, it progresses to step 802, and when the distinction result is NO, this routine is ended. At step 802, the pulse voltage of -0.2V is superimposed on the applied voltage  $V_m (=0.3V)$  to an air-fuel ratio sensor. Therefore, the applied voltage  $V_{m1}$  to the air-fuel ratio sensor at this time is set to 0.1V. Moreover, the 3rd timer interruption is started at step 802.

[0033] Here, the 3rd timer-interruption processing of drawing 9 is explained. At step 901, it distinguishes whether 0.95msec after starting of the 3rd timer interruption of the above passed, when the distinction result is YES, it progresses to step 902, and the output current  $I_{m2}$  of an air-fuel ratio sensor is returned to step 901, when read in and its distinction result are NO(s). At step 903, it distinguishes whether 1msec after starting of the 3rd timer interruption of the above passed, when the distinction result is YES, it progresses to step 904 and the voltage of  $V_{m2}=0.5V$  is impressed to an air-fuel ratio sensor, and when the distinction result is NO, it returns to step 901. Moreover, at step 904, the 4th timer interruption shown in drawing 10 is started.

[0034] Here, the 4th timer-interruption processing of drawing 10 is explained. At step 1001, it progresses to step 1002, when the distinction result is YES, it distinguishes whether 1msec after starting of the 4th timer interruption of the above passed, the voltage of  $V_m=0.3V$  is impressed to an air-fuel ratio sensor, and it returns to the usual air-fuel ratio detection condition, and when the distinction result is NO, it returns to step 1001.

[0035] Again, it returns to drawing 8. At step 803, a processing period distinguishes whether it is the stage which carried out msec ( $k$  is even number 2, 4, and 6 and --) progress ( $k \times 64 + 4$ ) from this routine initiation this time, when the distinction result is YES, it progresses to step 804, and when the distinction result is NO, this routine is ended. At step 804, it is the 2nd (low frequency) impedance  $Z_{ac2}$  at the time of the 2nd frequency voltage impression. It calculates from a degree type.

[0036]

$Z_{ac2} = \Delta V_m / \Delta I_m = 0.2 / (I_{m2} - I_{ms})$

At step 805, it is  $Z_{ac2}$ . Guard processing 2, i.e.,  $Z_{ac}$  Processing set to  $KREL2 \leq Z_{ac2} \leq KREH2$  stored between the minimum guard value  $KREL2$  and the maximum guard value  $KREH2$  is performed. Specifically, it is  $Z_{ac2}$ . When it is  $KREL2 \leq Z_{ac2} \leq KREH2$ , it supposes that it remains as it is, and it is made into  $Z_{ac2} = KREL2 = 1$  (omega) at the time of  $Z_{ac2} < KREL2$ , and is  $KREH2 < Z_{ac2}$ . Processing set to  $Z_{ac2} = KREH2 = 200$  (omega) is performed at the time.

[0037] Next, deterioration amendment processing of the air-fuel ratio sensor by step 406 in the flow chart of drawing 4 mentioned above is explained below. Drawing 11 is the flow chart of the deterioration amendment routine of an air-fuel ratio sensor. This routine is performed every predetermined period, for example, 4msec(s). First, at step 1101, it judges whether deterioration amendment conditions were satisfied by whether all of the following conditions of 1-5 were filled, when the judgment result is YES, it progresses to step 1102, and when the judgment result is NO, this routine is ended.

[0038]

1. Engine's Rotational Frequency  $NE \leq 1000 \text{ RPM}$  2. Vehicle Speed  $VS$  -- under  $\leq 3 \text{ Km/h}$  3. Idle Switch-on 4. Feed-Back-Control-of-Air-fuel-Ratio Activation -- it is -- Air-fuel Ratio  $A/F$  -- near [ 14.5 ] 5. Engine's Cooling Water Temperature  $THW \geq 85\text{-DegreeC}$  (Engine Standby)

At step 1102, it is the 1st impedance  $Z_{ac1}$ . The 2nd impedance  $Z_{ac2}$  A difference  $Z_{ac3} (=Z_{ac2} - Z_{ac1})$  is searched for as a parameter which shows property change of a sensor element, especially secular change. The following and this parameter  $Z_{ac3}$  It will be called a sensor element property parameter. (A) of drawing 12 is drawing showing relation with all element resistance  $R_s (=R_1 + R_2 + R_3)$  and  $Z_{ac3} (**R_3)$  of an air-fuel ratio sensor, and (B) of drawing 12 is the element temperature of an air-fuel ratio sensor, and  $Z_{ac3}$ . It is drawing showing relation. Both a new article and a

deterioration article with the passage of time are Rs and Zac3 so that (A) of drawing 12 may show. It has the correlation of abbreviation identitas in between. This is the resistance component R3 3 of the inside of all element resistance Rs of an air-fuel ratio sensor, and the electrode interface section, i.e., Zac. There are many rates and it is because the resistance component of the electrode interface section reflects the property of a sensor element. Moreover, both a new article and a deterioration article with the passage of time are \*\*\*\*\* and Zac3 so that (B) of drawing 12 may show. It has the correlation of abbreviation identitas in between. the electrode interfacial resistance R3 3 from this, i.e., Zac, from -- it turns out that the element temperature of an air-fuel ratio sensor can be presumed.

[0039] Failure judging processing of the air-fuel ratio sensor by step 407 in the flow chart of drawing 4 mentioned above is attained as follows by activation of steps 1103-1109. Lower limit Zactgmax in which sensor element \*\*\*\*\* desired value included property dispersion of a sensor element at step 1103 It judges whether it is the following, when the judgment result is YES, it judges with amendment of element \*\*\*\*\* desired value being possible, and progresses to step 1104, and when the judgment result is NO, it progresses to step 1105. step 1104 -- Zac3 from -- it computes from the map which shows the amount Zactggk of amendments of the element \*\*\*\*\* desired value Zactg to drawing 13 . This map is beforehand stored in ROM. This element \*\*\*\*\* desired value Zactg means the impedance of an element when the element temperature of an air-fuel ratio sensor turns into aim temperature. Subsequently, at step 1106, the element \*\*\*\*\* desired value Zactg (this time value) is computed as the average from a bottom type.  

$$Zactgt = Zactg(i-1) + (\text{last value}) ZactggkZactg(i) = (\text{this time value}) (Zactg(i-1) \times (\text{last value})^{31} + Zactgt)$$
in heater control of the /32 air-fuel-ratio sensor 1, Zactg (this time value) computed in this way is set as the element \*\*\*\*\* desired value of a sensor element impedance, and sensor element temperature is controlled so that a sensor element impedance serves as Zactg (this time value).

[0040] As the map of drawing 13 shows, this element \*\*\*\*\* desired value Zactg is the property parameter Zac3 of a sensor element. If it becomes below a predetermined value, it will judge with \*\*\*\*\* having risen, and Zactg is increased, and it is Zac3 to reverse. If it becomes beyond a predetermined value, it will judge with \*\*\*\*\* having fallen and Zactg will be decreased. Namely, Zac3 Feedback control of the element \*\*\*\*\* desired value Zactg is carried out so that it may become a predetermined value. Therefore, it is controlled by temperature which does not change \*\*\*\*\* after a sensor deteriorates to the time of a new article, either. Consequently, the acceleration of deterioration of a sensor element and the formation of a short life by the element temperature rise after sensor deterioration can be prevented.

[0041] Moreover, at step 1107, the element \*\*\*\*\* desired value Zactg is Zactgb to Backup RAM. It is made to memorize by carrying out. It is Zactgb at the initial routine at the time of next engine start up. It is incorporated by Zactg and \*\*\*\*\* is controlled to become near aim temperature also at the time of next engine start up. Next, at step 1108, it is the 1st impedance Zac1. Air-fuel ratio A/F is computed from a two-dimensional map ( drawing 14 ) with the output current Ims of an air-fuel ratio sensor. The map of drawing 14 to the 1st impedance Zac1 When Ims is negative, theoretical air fuel ratio shows going to theoretical air fuel ratio from the Lean air-fuel ratio side toward a rich air-fuel ratio side, when Ims is positive, so that it becomes smallness. Moreover, when Ims is 0, it turns out that theoretical air fuel ratio 14.5 is shown irrespective of the 1st impedance Zac1. On the other hand, as step 1105 shows to (B) of drawing 12 , it is the sensor element property parameter Zac3. It distinguishes whether it is below the failure decision value KFZAC of an air-fuel ratio sensor ( $Zac3 \leq KFZAC$ ). When the distinction result is YES, it judges that an air-fuel ratio sensor is normal, and this routine is ended, when the distinction result is NO, it judges that the air-fuel ratio sensor is out of order, and progresses to step 1109, and air-fuel ratio sensor failure flag XFAFS is stood at step 1109. In addition, the failure decision value KFZAC shown in (B) of drawing 12 is set as the value which judges that the property of a sensor element changes and \*\*\*\*\* rose too much. Next, the reason using the map shown in drawing 14 is explained below.

[0042] As mentioned above, the element \*\*\*\*\* desired value Zactg is computed from the difference Zac3 of the element impedance to two frequency ( $=Zac2-Zac1$ ), and heating control of a sensor element is performed so that the impedance Zac of an element may be set to Zactg. Then, after element deterioration is higher than 30 ohms at the time of a new article, for example, is set up with 40ohm and 50ohm, and, as for the element \*\*\*\*\* desired value Zactg, the element impedance Zac after deterioration is also stabilized in 40ohm and 50ohm. At this time, an air-fuel ratio sensor cannot ask accuracy for an air-fuel ratio by having computed air-fuel ratio A/F from the map to element current in case the element impedance at the time of a new article is 30ohms. So, this invention prepares a map as shown in drawing 14 , and computes an air-fuel ratio with a sufficient precision according to the element impedance Zac after deterioration, i.e., 40ohm and 50ohm.

[0043] Moreover, one high frequency which can detect an element impedance to accuracy as other operation gestalten of this invention, without using two frequency, for example, the frequency chosen from 1-10kHz, is impressed to an element, and it is the element impedance Zac1. It computes and is Zac1. An air-fuel ratio may be computed from the map which it responds and is shown in drawing 14 . When it is considered by this that the element carried out activity



with the impedance higher than the time of a new article by deterioration, according to this impedance that became high, an air-fuel ratio can be computed from the map of drawing 14. That is, the time amount which is activated with an impedance higher than the time of a new article, without waiting to become the low impedance regarded as the air-fuel ratio sensor having resulted in the active state at the time of a new article, and activation takes becomes brief. Consequently, Air Fuel Ratio Control can be started at an early stage, and the exhaust air emission at the time of engine start up improves.

[0044] Next, activity judging processing of the air-fuel ratio sensor by step 408 in the flow chart of drawing 4 mentioned above is explained below. Drawing 15 is the flow chart of the manipulation routine after the failure judging of an air-fuel ratio sensor. This routine is performed for every predetermined period, for example, msec. At step 1501, it distinguishes whether air-fuel ratio sensor failure flag XFAFS was stood, and at the time of XFAFS=1, since the air-fuel ratio sensor was judged to be failure, it progresses to step 1502. In step 1502, since exhaust air emission will get worse if feed back control of air-fuel ratio is continued, feed back control of air-fuel ratio is suspended, in order to prevent the fault temperature up of a heater at step 1503, energization of a heater is stopped, and a warning lamp (not shown) is turned on at step 1504. On the other hand, at step 1501, at the time of XFAFS=0, since it was judged with the air-fuel ratio sensor not being out of order, this routine is ended.

[0045] Drawing 16 is the flow chart of the activity judging routine of an air-fuel ratio sensor. This routine is performed for every predetermined period, for example, msec. First, at step 1601, it distinguishes whether air-fuel ratio sensor failure flag XFAFS was stood, progresses to step 1602 at the time of XFAFS=1 judged that is [ an element ] unusual, and progresses to step 1603 at the time of XFAFS=0 judged that is not [ an element ] unusual. At step 1602, the air-fuel ratio activity flag XAFSACT is cleared. At step 1603, it is the element \*\*\*\*\* desired value Zactg after deterioration amendment to the activity decision value Zacact. It computes from the map shown in drawing 17. It is the activity decision value Zacact that the activity judging of an element should be somewhat carried out at a low temperature from aim temperature in order to give additional coverage to element \*\*\*\*\* desired value, as shown in drawing 17. Some are greatly set up from the element \*\*\*\*\* desired value Zactg.

[0046] At step 1604, it is the 1st impedance Zac1. Zacact It judges whether it is small, and when the judgment result is YES, it considers that an air-fuel ratio sensor is an active state, and progresses to step 1605, and when the judgment result is NO, an air-fuel ratio sensor considers that it is a non-active state, and progresses to step 1602. At step 1605, the air-fuel ratio activity flag XAFSACT is set.

[0047] The element \*\*\*\*\* desired value Zactg is computed from the difference Zac3 of an element impedance [ as opposed to / as mentioned above / two frequency in the above-mentioned activity judging ] ( $=Zac2-Zac1$ ), and it is the activity decision value Zacact from Zactg. It computes and is the 1st impedance Zac1 Zac1, i.e., the element impedance of high frequency, about this. It is judging by comparing. Drawing 18 is the flow chart of a heater control routine. This routine is performed every predetermined period, for example, 128msec(s). This routine is the impedance Zac1 of the air-fuel ratio sensor 1 to high frequency. Based on the deflection Zacerr with the element \*\*\*\*\* desired value Zactg ( $=Zactg-Zac1$ ), PID control of the duty ratio of the energization to a heater 4 is performed. First, at step 1801, Proportional KP is computed from a degree type.

[0048]  $KP=Zacerr \times K1$  ( $K1$  : constant)

At step 1802, the integral term KI is computed from a degree type.

$KI=\text{sigma } Zacerr \times K2$  ( $K2$  : constant)

At step 1803, the differential term KD is computed from a degree type.

$KD=(\text{delta}Zacerr/\text{deltat}) \times K3$  ( $K3$  : constant)

At step 1804, the PID gain KPID is computed from a degree type.

[0049] At the  $KPID=KP+KI+KD$  step 1805, an output duty ratio is computed from a degree type.

DUTY (i) = at the DUTY (i-1)  $\times KPID$  step 1806, it is output duty ratio DUTY (i). Guard processing is performed and it is DUTY (i).  $KDUTYL \leq DUTY$  between a lower limit KDUTYL and upper limits KDUTYH (i) Processing stored in  $\leq KDUTYH$  is performed. Specifically, it is  $KDUTYL \leq DUTY$  (i). It supposes that it remains as it is at the time of  $\leq KDUTYH$ , and it is DUTY (i). It is DUTY (i) at the time of  $< KDUTYL$ . It is referred to as  $=KDUTYL$  and is DUTY (i) at the time of  $KDUTYH < DUTY$  (i). Processing set to  $=KDUTYH$  is performed.

[0050] Moreover, in order that this invention may prevent the fault temperature up (Over Temperature) of a heater 4 and the sensor element 2 in the heater control shown in drawing 18, Air-fuel ratio impedance Zac1 to high frequency From the element \*\*\*\*\* desired value Zactg after deterioration amendment, predetermined value, For example, it distinguishes whether it exceeds 5 ohms ( $Zac1 \leq Zactg-5$  (omega)). When the distinction result is YES, normality 4, i.e., a heater, and the sensor element 2 perform the heater control routine which judged to be what is not fault temperature up, and was shown with the flow chart of drawing 18. It judges with abnormalities 4, i.e., a heater, and the

sensor element 2 being fault temperature up, when the distinction result is NO, and is DUTY (i). = processing set as 0 is performed. Here, the element \*\*\*\*\* desired value Zactg is computed from the difference Zac3 of the element impedance to two frequency (=Zac2-Zac1).

[0051] With the gestalt of operation of this invention explained above, although 5kHz was used for the 1st frequency and 500Hz was used for the 2nd frequency, this invention is not limited to this. In consideration of the property of materials, such as an electrolyte of an air-fuel ratio sensor, and an electrode, and a sensor circuit, applied voltage, service temperature, etc., these frequency can be chosen suitably. In addition, the frequency which can detect the alternating current impedance of R1(electrolytic bulk resistor)+R2 (electrolytic grain boundary resistance) in drawing 21 as the 1st frequency, for example, the range of 1kHz - about 10kHz, is usable. Moreover, as the 2nd frequency, to be low frequency from the 1st frequency, and what is necessary is just the frequency which can moreover detect the impedance to R1+R2+R3 (electrode interfacial resistance).

[0052] Moreover, although the gestalt of above-mentioned operation showed the example which uses only two frequency, two or more alternating voltage of 3 or more frequency may be impressed, and an impedance may be detected from two or more sensor output voltage values and current values which were detected. Of course, you may be the method of choosing two [ optimal ] out of two or more impedances, or the method of computing an impedance from statistical technique, for example, the average, based on two or more impedances.

[0053] Next, other operation gestalten of the 1st (high frequency) and this invention which switches the filter constant of LPF by the 2nd (low frequency) are explained below at details. Drawing 24 is the block block diagram of other operation gestalten of the air-fuel ratio sensor control equipment by this invention shown in drawing 1 . According to the point of having formed LPF17 which can replace with LPF7 of drawing 1 the air-fuel ratio sensor control equipment shown in drawing 24 as compared with the air-fuel ratio sensor control equipment shown in drawing 1 , and can switch a filter constant, and the change of the filter constant, it mainly differs from the voltage of the sensor element 2, and current in that the microcomputer 11 which performs processing described in the following for detecting an impedance to high degree of accuracy was formed. Moreover, although shown as what formed the D/A converter and A/D converter the object for the sensor circuits 3, and for heater control circuit 6 in the interior, in the Air Fuel Ratio Control unit (A/FCU) 20 of drawing 24 , the Air Fuel Ratio Control unit (A/FCU) 10 of drawing 1 divides A/FCU10 of drawing 1 into a microcomputer 11, D/A converter 12, and A/D converters 13-16, and is shown.

[0054] Drawing 25 is explanatory drawing of the Air Fuel Ratio Control unit 20 in drawing 24 . Hereafter, it explains, referring to drawing 24 and drawing 25 mutually. The Air Fuel Ratio Control unit 20 has a microcomputer 11, D/A converter 12, and A/D converters 13-16. A microcomputer 11 controls the air-fuel ratio sensor of this invention which possesses and mentions later CPU22, ROM23, RAM24, B.(battery back-up) RAM25, the input port 26, and the output port 27 which were mutually connected by the bidirectional bus 21. D/A converter 12 changes into analog voltage the digital data which connected with the output port 27 and was calculated by CPU22. It connects with input port 26, respectively, and A/D converters 13 and 14 change into digital data the analog voltage impressed to the sensor circuit 3, and the analog voltage proportional to the current detected by the A/F sensor current detector in the sensor circuit 3, respectively. Similarly, A/D converters 15 and 16 change the voltage of a heater 4, and current into digital data through the heater control circuit 6. CPU22 reads these digital data as the voltage value of the sensor element 2, a current value and the voltage value of a heater 4, and a current value. Moreover, the signal which switches the filter constant of LPF17 to LPF17 from an output port 27 is outputted, and the DUTY signal which controls the power supply to a heater 4 is outputted to the heater control circuit 6 from an output port 27.

[0055] Drawing 26 is explanatory drawing of LPF17 in drawing 24 . The command which changes the applied voltage from the microcomputer 11 in A/FCU20 to the sensor circuit 3 is outputted to D/A converter 12, and a rectangle-like pulse is outputted from D/A converter 12. In response, LPF17 removed and anneals a high frequency component, outputs the voltage of a signal, and impresses it to the sensor circuit 3. LPF17 consists of resistance 31 and 32, capacitors 33, 34, and 35, an operational amplifier (op amplifier) 36, and a field-effect transistor (FET) 37. The signal which sets to ON from a microcomputer 11 at FET37 at the time of low frequency, and is made off at the time of a RF is sent, and it is switched so that the filter constant of LPF17 may serve as time constant smallness at the time of the 1st (high frequency) alternating-voltage impression and may serve as time constant smallness by this at the time of the 2nd (low frequency) alternating-voltage impression.

[0056] Drawing 27 is explanatory drawing of the air-fuel ratio sensor circuit 3 in drawing 24 . The sensor circuit 3 is divided roughly and consists of the reference voltage circuit 41, the 1st voltage supply circuit 42, the 2nd voltage supply circuit 43, and a current detector 44. The reference voltage circuit 41 makes reference voltage the voltage Va which pressured the constant voltage VDC partially by resistance 45 and 46, 0.6V [ for example, ]. It is constituted as a voltage follower and the 1st voltage supply circuit 42 is reference voltage Va to one terminal 47 of the A/F sensor 1. It supplies.

It connects with LPF17, and the 2nd voltage supply circuit 43 is constituted as a voltage follower like the 1st, and supplies the output voltage  $V_c$  ( $0.3 \times 0.2$  (V)) of LPF17 to another terminal 48 of the A/F sensor 1. Output voltage  $V_c$  of LPF17 Although it is usually 0.3 (V), in case the element impedance of the A/F sensor 1 is measured with a microcomputer 11, 0.3V will be overlapped on  $\times 0.2$  (V), it will be outputted to them, and, so, the voltage of 0.1-0.5 (V) will be impressed to the A/F sensor 1. The current detector 44 consists of resistance 49, and the current which flows in the A/F sensor 1 is detected by reading the ends voltage ( $|V_b - V_a|$ ) of resistance 49 through A/D converter 13. Next, the impedance calculation routine of the sensor element by the air-fuel ratio sensor control equipment concerning the 2nd gestalt of this invention shown in drawing 24 is explained below at details.

[0057] Drawing 28 is the first half flow chart of the impedance calculation routine of the sensor element concerning the 2nd gestalt of this invention, and drawing 29 - drawing 34 are the second half flow charts of this routine. In more detail, drawing 29 is the flow chart of the 1st frequency superposition processing in the impedance calculation routine of a sensor element, it is the flow chart of an interruption handling routine required in order that drawing 30 and drawing 31 may carry out the 1st frequency superposition processing, drawing 32 is the flow chart of the 2nd frequency superposition processing in the impedance calculation routine of a sensor element, and drawing 33 and drawing 34 are the flow charts of an interruption handling routine required in order to carry out the 2nd frequency superposition processing. the routine shown in drawing 28, drawing 29, and drawing 32 -- predetermined period, for example, 100microsec, every -- it performs.

[0058] Drawing 35 is a timing diagram explaining the impedance calculation routine of the sensor element concerning the 2nd gestalt of this invention. A horizontal axis shows time amount. An upper case shows the applied voltage to the sensor element 2, and the lower berth shows the on-off condition of the LPF change over signal which switches setting out of the filter constant of LPF17. Current change which flows for the sensor element 2 is the same as that of the above-mentioned applied-voltage change and abbreviation. Calculation of the impedance of the sensor element 2 concerning the 2nd gestalt of this invention shown in the timing diagram of drawing 35 is performed as follows. Usually, the direct current voltage of 0.3V is impressed to inter-electrode [ of the sensor element 2 ], and it is the 1st frequency (high frequency), for example, 2.5kHz, every 128ms. Whenever it impresses a RF pulse to the sensor element 2 and 64ms passes after impression of a RF pulse, it is the 1st frequency (low frequency), for example, 500Hz. A low frequency pulse is impressed to the sensor element 2. After RF pulse impression, for example, 85-microsecond progress, the 1st (RF) impedance  $Z_{ac1}$  detects the current  $I_{m1}$  which flows the sensor element 2, and computes it by the degree type from increment  $\Delta V_m$  ( $0.3 - 0.1 = 0.2$ (V)) of sensor element applied voltage, and increment  $\Delta I_m$  ( $I_{m1} - I_{ms}$ ) of current.

$$Z_{ac1} = \Delta V_m / \Delta I_m = 0.2 / (I_{m1} - I_{ms})$$

Here,  $I_{ms}$  is the limiting current of the sensor element detected every 4ms.

[0059] The 2nd (low frequency) impedance  $Z_{ac2}$  After low frequency pulse impression, for example, 0.95ms progress, the current  $I_{m2}$  which flows the sensor element 2 is detected, and it computes by the degree type from increment  $\Delta V_m$  ( $0.3 - 0.1 = 0.2$ (V)) of sensor element applied voltage, and increment  $\Delta I_m$  ( $I_{m2} - I_{ms}$ ) of current.

$$Z_{ac2} = \Delta V_m / \Delta I_m = 0.2 / (I_{m2} - I_{ms})$$

On-off timing of an LPF change over signal is set to ON after RF pulse impression, for example, 500-microsecond progress, and after a low frequency pulse is impressed after after [ RF pulse impression ] 64ms progress, it is supposed after 3ms progress that it is off, and let a filter constant be size at the impression time zone of a low frequency pulse including 2ms of period and 1ms of its convergence time amount of a low frequency pulse. The impedance calculation routine of a sensor element according to an above-mentioned timing diagram is explained below at details using drawing 28 - drawing 34.

[0060] As compared with the flow chart which shows the flow chart shown in drawing 28 to drawing 4, since it corresponds to steps 2801, 2802, 2806, and 2804 of drawing 28, and 2807-2810 substantially, respectively and the processing is performed, steps 401, 402, 403, and 404 of drawing 4, and 405-408 omit explanation, and they explain below only steps 2803 and 2805 added to the flow chart of drawing 4. At step 2803, it is  $V_m$ . It distinguishes whether 500 microseconds passed from impression, when the distinction result is YES, it progresses to step 2805, and when the distinction result is NO, it progresses to step 2806. At step 2805, the change signal which increases a filter constant is outputted to LPF17 from a microcomputer 11.

[0061] The flow chart shown in drawing 29 and drawing 30 is related with the processing for maintaining in the dynamic range which shows the output of the A/F sensor 1 to drawing 3. This processing enables it to detect the limiting current of the sensor element 2 continuously by maintaining the output of the A/F sensor 1 in a dynamic range. For this reason, from the negative side (step 2905), when A/F is Lean, A/F is impressing the voltage impressed to the sensor element 2 according to an engine's exhaust air air-fuel ratio from a positive side (step 2904) to a positive side

(step 3007) at the negative side (step 3006), SUTOIKI or when rich. Next, the flow chart of drawing 29 and drawing 30 is explained separately.

[0062] As compared with the flow chart which shows the flow chart shown in drawing 29 to drawing 5, since it corresponds to step 2901 of drawing 29, and 2906-2908 substantially, respectively and the same processing is performed, step 501 of drawing 5, and 503-505 omit explanation, and they explain only steps 2902-2904 added to the flow chart of drawing 5, and changed step 2905 below. At step 2902, when an air-fuel ratio (A/F) distinguishes Lean or no (SUTOIKI or Rich) from the output of the air-fuel ratio sensor 1 and A/F is distinguished from Lean, it progresses to step 2903, and the Lean judging flag LFLG is set to 1 at step 2903, and it progresses to step 2905. At step 2902, A/F progresses to step 2904, SUTOIKI or when it is distinguished that it is rich, and  $V_{m1}'=0.5V$  are impressed to the air-fuel ratio sensor 1 at step 2904. At step 2905,  $V_{m1}=0.1V$  are impressed to the air-fuel ratio sensor 1.

[0063] As compared with the flow chart which shows the flow chart shown in drawing 30 to drawing 6, drawing 6 reaches step 601-603, and since drawing 30 reaches step 3001-3003, respectively, it corresponds to 3007 substantially and the same processing is performed, 604 omits explanation, and it explains below only steps 3004-3006 added to the flow chart of drawing 6. At step 3004, when it distinguishes whether the Lean judging flag LFLG was set at step 2903 of drawing 29 and distinguished from  $LFLG=1$ , it progresses to step 3005, and the Lean judging flag LFLG is reset to 0 at step 3005, and it progresses to step 3007. When distinguished from  $LFLG=0$  at step 3004, it progresses to step 3006, and  $V_{m2}'=0.1V$  are impressed to the air-fuel ratio sensor 1 at step 3006. At step 3007,  $V_{m2}=0.5V$  are impressed to the air-fuel ratio sensor 1.

[0064] The flow charts shown in drawing 31 are the flow chart shown in drawing 7, and abbreviation identitas, and since it corresponds to steps 3101 and 3102 of drawing 31, respectively and the same processing is performed, steps 701 and 702 of drawing 7 omit explanation. The flow chart shown in drawing 32 and drawing 33 is related with the processing for maintaining in the dynamic range which shows the output of the A/F sensor 1 to drawing 3. This processing enables it to detect the limiting current of the sensor element 2 continuously by maintaining the output of the air-fuel ratio sensor 1 in a dynamic range. For this reason, from the negative side (step 3205), when A/F is Lean, A/F is impressing the voltage impressed to the air-fuel ratio sensor 1 according to an engine's exhaust air air-fuel ratio from a positive side (step 3204) to a positive side (step 3307) at the negative side (step 3306), SUTOIKI or when rich. Next, the flow chart of drawing 32 and drawing 33 is explained separately.

[0065] As compared with the flow chart which shows the flow chart shown in drawing 32 to drawing 8, since it corresponds to steps 3201, 3205, 3208, and 3209 of drawing 32 substantially, respectively and the same processing is performed, steps 801, 802, 804, and 805 of drawing 8 omit explanation, and they explain it only about steps 3202-3204 added to the flow chart of drawing 8, and 3206 and 3207 below. At step 3202, when an air-fuel ratio (A/F) distinguishes Lean or no (SUTOIKI or Rich) from the output of the air-fuel ratio sensor 1 and A/F is distinguished from Lean, it progresses to step 3203, and the Lean judging flag LFLG is set to 1 at step 3203, and it progresses to step 3205. At step 3202, A/F progresses to step 3204, SUTOIKI or when it is distinguished that it is rich, and  $V_{m1}'=0.5V$  are impressed to the air-fuel ratio sensor 1 at step 3204. At step 3205,  $V_{m1}=0.1V$  are impressed to the air-fuel ratio sensor 1. At step 3206, a processing period distinguishes whether it is the stage which carried out msec (k is even number 2, 4, and 6 and --) progress ( $kx64+4$ ) from this routine initiation this time, when the distinction result is YES, it progresses to step 3207, and when the distinction result is NO, this routine is ended. 3msec(s) shown in drawing 35 show the time amount which added pulse convergence time amount 1msec to 2msec(s) of a low frequency pulse period, and are briefer than the read period of the current Ims of an air-fuel ratio sensor, and 4msec. At step 3207, the LPF change signal switched at step 2805 of drawing 28 with the microcomputer 11 is turned OFF, and the change signal which returns a filter constant to LPF17 for RF impedance detection is outputted.

[0066] As compared with the flow chart which shows the flow chart shown in drawing 33 to drawing 9, drawing 9 reaches step 901-903, and since drawing 33 reaches step 3301-3303, respectively, it corresponds to 3307 substantially and the same processing is performed, 904 omits explanation, and it explains below only steps 3304-3306 added to the flow chart of drawing 9. At step 3304, when it distinguishes whether the Lean judging flag LFLG was set at step 3203 of drawing 32 and distinguished from  $LFLG=1$ , it progresses to step 3305, and the Lean judging flag LFLG is reset to 0 at step 3305, and it progresses to step 3307. When distinguished from  $LFLG=0$  at step 3304, it progresses to step 3306, and  $V_{m2}'=0.1V$  are impressed to the air-fuel ratio sensor 1 at step 3306. At step 3307,  $V_{m2}=0.5V$  are impressed to the air-fuel ratio sensor 1.

[0067] The flow charts shown in drawing 34 are the flow chart shown in drawing 10, and abbreviation identitas, and since it corresponds to steps 3401 and 3402 of drawing 34, respectively and the same processing is performed, steps 1001 and 1002 of drawing 10 omit explanation. In the gestalt of the operation explained above, although it is for equalizing the load balance of CPU, immediately after impressing a RF pulse, having impressed the low frequency pulse

in the medium which impresses a RF pulse every 128ms may impress a low frequency pulse for example, after 4ms progress, and it may detect a low frequency impedance as a gestalt of other operations. Moreover, it may be made to perform detection processing of the 2nd (low frequency) impedance once to ten 1st (RF) impedance detection processings. Furthermore, only when it is in the condition by which the ambient atmosphere of the air-fuel ratio sensor 1 was stabilized when an engine was in an idling condition, it may be made to perform detection processing of a low frequency impedance.

[0068] With the gestalt of the operation explained above, air-fuel ratio detection from the air-fuel ratio sensor 1 is made impossible for 4ms from the low frequency pulse impression which detects a low frequency impedance. This is understood from carrying out every 4ms, as step 2806 shows the read in of the limiting current  $I_{ms}$  of the sensor element 2 by step 2807 of [drawing 28](#). However, it is confirmed experimentally that the output stabilized, so that measurement of a low frequency impedance impressed the low frequency pulse near a direct current is obtained. So, it is desirable to change into 25Hz the frequency of 500Hz of the low frequency pulse used with the above-mentioned operation gestalt. However, convergence time amount also becomes long with 8ms with the electrostatic capacity of the electrode interface of the sensor element 2 in this case at everything but 20ms of periods, and the output of an air-fuel ratio sensor is used between a total of 28ms for low frequency impedance detection, therefore it must make during this period into air-fuel ratio detection impossible time amount. Since an air-fuel ratio in the meantime holds the value detected when a low frequency pulse was impressed and uses it for Air Fuel Ratio Control, it has a possibility that it may become inaccurate and an engine's exhaust air emission may get worse.

[0069] Then, this problem is solved, namely, it explains below using other operation gestalt \*\*\*\*\* [drawing 36](#) of this invention concerning the processing which shortens the air-fuel ratio detection impossible time amount of the air-fuel ratio sensor in Air Fuel Ratio Control which shortens the detection time of the low frequency impedance of the sensor element 2 while impressing a 25Hz low frequency pulse to the sensor element 2, for example and detecting the low frequency impedance of the sensor element 2 if it processes and puts in another way near a direct current - [drawing 38](#) and [drawing 39](#) - [drawing 40](#).

[0070] [Drawing 36](#) is drawing showing the output of the sensor element at the time of the low frequency impedance measurement by the one-point detecting method, (A) is drawing showing the applied voltage of a sensor element, and (B) is drawing showing the current of a sensor element. As shown in [drawing 36](#), after impressing the low frequency pulse by the side of positive [ 25Hz ] to the sensor element 2 through LPF17 at time of day t1, the current of the sensor element 2 is detected at the time of day t2 after 1ms progress. The low frequency pulse of a negative side is impressed to the sensor element 2 through LPF17 at the time of day t3 after 1.5ms progress from time of day t1, and impression of the low frequency pulse of the negative side to LPF17 is canceled of time of day t1 at the time of day t4 after 3ms progress. The applied voltage to the sensor element 2 is converged in about 1ms after time of day t4.

[0071] By the way, when the low frequency pulse of a negative side is not impressed to time of day t3 after impressing the low frequency pulse by the side of positive [ 25Hz ] to the sensor element 2 through LPF17 at time of day t1, The applied voltage of the sensor element 2 is converged on 0.5V which added increment  $\Delta V$  (0.2V) to applied-voltage 0.3V at low frequency pulse width [ by the side of positive ], i.e., time-of-day t, 1:00 at the time of day t10 which passed for 20ms from time of day t1. Low frequency impedance  $Z_{ac2}$  Based on the current value and applied-voltage value of the sensor element 2 which were measured at time of day t2, it is computed at step 3208 of [drawing 32](#). According to this one-point detecting method, although the time constant of a low frequency impression pulse is size, it can shorten the detection time of the low frequency impedance of the sensor element 2 by canceling impression of a low frequency pulse by time of day t4. However, the current value of the sensor element 2 becomes unstable to be detected at the time of day t2 considerable before from the time of day t10 which a low frequency impression pulse converges, and the detection precision of a low frequency impedance serves as imperfection. In order to solve this problem, it turned out that the method of computing the current value of the sensor element 2 at the time of convergence of a low frequency impression pulse is desirable. This two-point detecting method is explained below.

[0072] [Drawing 37](#) is drawing showing the output of the sensor element at the time of the low frequency impedance measurement by the two-point detecting method, (A) is drawing showing the applied voltage of a sensor element, and (B) is drawing showing the current of a sensor element. [Drawing 38](#) is the enlarged view of (B) of [drawing 37](#). As shown in [drawing 37](#) and [drawing 38](#), from time of day t1, before, every 4ms, the current AFI 1 of the sensor element 2 is detected at time of day t0, and after impressing the low frequency pulse by the side of positive [ 25Hz ] to the sensor element 2 through LPF17 at time of day t1, the current AFI2 and AFI3 of the sensor element 2 is detected, respectively at the time of day t2 and t3 after 1ms and 2ms progress. The low frequency pulse of a negative side is impressed to the sensor element 2 through LPF17 at the time of day t4 after 2.5ms progress from time of day t1, and the low frequency pulse of the negative side to LPF17 is canceled of time of day t1 at the time of day t5 after 5ms progress. The applied



voltage to the sensor element 2 is converged in about 1ms after time of day t5.

[0073] By the way, when the low frequency pulse of a negative side is not impressed to time of day t4 after impressing the low frequency pulse by the side of positive [ 25Hz ] to the sensor element 2 through LPF17 at time of day t1, The applied voltage of the sensor element 2 is converged on 0.5V which added increment deltaV (0.2V) to applied-voltage 0.3V at low frequency pulse width [ by the side of positive ], i.e., time-of-day t, 1:00 at the time of day t10 which passed for 20ms from time of day t1. This two-point detecting method can also shorten the detection time of the low frequency impedance of the sensor element 2 by canceling impression of a low frequency pulse by time of day t5, although the time constant of a low frequency impression pulse is size. And the current value AFIS of the sensor element 2 converged on time of day t10 using the current values AFI1, AFI2, and AFI3 of the sensor element 2 detected at the time of day t0, t2, and t3 considerable before from the time of day t10 which a low frequency impression pulse converges is computed as follows. The current which flows for the sensor element 2 after impressing a low frequency pulse to the sensor element 2 is expressed with a degree type.

$i = I_0 + (I_S - I_0) e^{-t/T}$  -- here -- i -- the element current value after low frequency pulse impression, and I0 The initial current value before low frequency pulse impression, and IS As for a convergence current value and t, the elapsed time after low frequency pulse impression and T show the time constant CR of LPF, respectively. If the current values AFI1, AFI2, and AFI3 of the sensor element 2 are substituted for a top equation, the following simultaneous equations will be obtained.

$AFI2 = AFI1 + (I_S - AFI1) e^{-t1/T}$   $AFI3 = AFI1 + (I_S - AFI1) e^{-t2/T}$  It is the convergence current value IS by solution Lycium chinense about the  $+(I_S - AFI1) e^{-t2/T}$  above-mentioned simultaneous equations. It can ask. Low frequency impedance Zac2 Current value IS of the sensor element 2 computed as mentioned above at step 3208 of drawing 32 It is computed based on increment deltaV of applied voltage. According to this two-point detecting method, the detection precision of a low frequency impedance improves. Next, the processing which shortens the convergence time amount tLP of the sensor element current after low frequency pulse impression is explained below using drawing 39 , 40 and drawing 41 - drawing 44 .

[0074] Drawing 39 is drawing showing the sensor current wave form at the time of low frequency pulse impression, and drawing 40 is drawing showing the sensor current wave form when impressing a RF pulse immediately after low frequency pulse impression. When drawing 39 is compared with drawing 40 , it turns out that it is shorter than the time amount tLP after the direction of the time amount tHP after switching to impression of a RF pulse after impression of the low frequency pulse when impressing a RF pulse immediately after the low frequency pulse impression shown in drawing 40 until it is completed by the current of the sensor element 2 cancels impression of the low frequency pulse shown in drawing 39 until it is completed by the current of the sensor element 2. That is, by carrying out the 1st (high) frequency superposition processing again immediately after carrying out the 2nd (low) frequency superposition processing shows that the convergence time amount tLP of the sensor element current after low frequency pulse impression can be shortened. Next, this processing is explained below.

[0075] Drawing 41 is the flow chart of the 2nd frequency superposition processing in the impedance calculation routine of a sensor element required in order to carry out the 1st frequency superposition processing again immediately after carrying out the 2nd frequency superposition processing. The flow chart shown in drawing 41 deletes step 3207 in the flow chart shown in drawing 32 . Since it corresponds to steps 3201-3206 of drawing 32 , and 3208 and 3209, respectively and the same processing is performed, steps 4101-4106 of drawing 41 , and 4107 and 4108 omit explanation.

[0076] Drawing 42 is the flow chart of the 3rd interruption handling routine required in order to carry out the 1st frequency superposition processing again immediately after carrying out the 2nd frequency superposition processing. The flow chart shown in drawing 42 deletes step 3205 in the flow chart shown in drawing 33 . Since it corresponds to steps 3301-3304 of drawing 33 , and 3307 and 3306, respectively and the same processing is performed, steps 4201-4204 of drawing 42 , and 4205 and 4206 omit explanation. Drawing 43 is the flow chart of the 4th interruption handling routine required in order to carry out the 1st frequency superposition processing again immediately after carrying out the 2nd frequency superposition processing. Since it corresponds to steps 3401 and 3402 of drawing 34 , respectively and the same processing is performed, steps 4301 and 4302 of drawing 43 omit explanation.

[0077] Drawing 44 is the flow chart of the 5th interruption handling routine required in order to carry out the 1st frequency superposition processing again immediately after carrying out the 2nd frequency superposition processing. First, at step 4401, it distinguishes whether 2msec after starting of the 4th timer interruption of the above passed, when the distinction result is YES, it progresses to step 4402, and when the distinction result is NO, it returns to step 4401. In step 4402, when it distinguishes whether the Lean judging flag LFLG was set at step 4103 of drawing 41 and distinguished from LFLG=1, it progresses to step 4403, and Vm1=0.1V are impressed to the air-fuel ratio sensor 1 at

step 4403. When distinguished from LFLG=0 at step 4402, it progresses to step 4404, and  $V_{m1}'=0.5V$  are impressed to the air-fuel ratio sensor 1 at step 4404. Next, at step 4405, the Lean judging flag LFLG is reset to 0, and in step 4406, an LPF change over signal is turned OFF and it progresses to step 4407. In step 4407, it distinguishes whether 3msec after starting of the 4th timer interruption of the above passed, and when the distinction result is YES, it progresses to step 4408 and the voltage of  $V_{m2}=0.5V$  is impressed to an air-fuel ratio sensor at step 4408. When the distinction result of step 4407 is NO, it progresses to step 4409, and the voltage of  $V_{m2}'=0.1V$  is impressed to an air-fuel ratio sensor at step 4409, and it progresses to step 4410. At step 4410, the voltage of  $V_m=0.3V$  is impressed to an air-fuel ratio sensor, and it returns to the usual air-fuel ratio detection condition.

[0078] Next, the flow chart of the configuration routine of the feed-back-control-of-air-fuel-ratio gain shown in drawing 45 is explained below. Since the output response of the air-fuel ratio sensor 1 becomes slow when the sensor element 2 is low temperature, this routine When performing feed back control of air-fuel ratio based on a low frequency impedance (it is YES at step 4501) The proportional [ in / at step 4502 / feed back control of air-fuel ratio ] P, the integral term I Each gain of the differential term D is set as low LOW gain. When the flag XLMTAF which shows that feed back control of air-fuel ratio is performing based on the limiting current after the sensor element 2 is activated is set (it is YES at NO and step 4503 in step 4501) Each gain of Above PID is set as HIGH gain at the \*\* step 4504. the flag XIMPAF shown in step 4501 -- low frequency impedance  $Z_{ac2}$  of the sensor element 2 from -- it is the flag set when an air-fuel ratio is under calculation. In addition, by step 4501, at the time of NO, since sensor \*\*\*\*\* cannot be detected by the air-fuel ratio below at 500-degreeC, the feed-back-control-of-air-fuel-ratio prohibition flag XPHAF is set [ NO and step 4503 ] to 1 at step 4505. After setting the Air Fuel Ratio Control gain as LOW and HIGH at steps 4502 and 4504, at step 4506, the feed-back-control-of-air-fuel-ratio prohibition flag XPHAF is reset to 0.

[0079] Next, in order to lessen Air Fuel Ratio Control impossible time amount concerning calculation processing of a low frequency impedance as much as possible and to mitigate the burden of CPU, it is in the impedance calculation routine of the 3rd operation gestalt for limiting calculation of a low frequency impedance to the bottom of a predetermined condition like [ at the time of an idling ] just, and explains below using drawing 46 and drawing 47 .

[0080] Drawing 46 is the first half flow chart of the impedance calculation routine of the sensor element concerning the 3rd operation gestalt of this invention. The step number of drawing 46 transposes 28 of double figures to 46 on the step number in drawing 28 , and inserts only the step 4603A of drawing 46 among steps 2803 and 2805 of drawing 28 . It is the step which judges whether step 4603A performs calculation of a low frequency impedance, and whether the deterioration amendment conditions of the sensor element 2 were satisfied performs the judgment. Deterioration amendment conditions are judged by whether the engine filled all of the following conditions of 1-5 that change of warming up and the exhaust air rate of flow becomes small, when the judgment result is YES, they progress to step 4605, and when the judgment result is NO, they progress to step 4606.

1. Engine's Rotational Frequency  $NE \leq 1000RPM$  2. Vehicle Speed VS -- under  $\leq 3 Km/h$  3. Idle Switch-on 4. Feed-Back-Control-of-Air-fuel-Ratio Activation -- it is -- Air-fuel Ratio A/F -- near [ 14.5 ] 5. Engine's Cooling Water Temperature  $THW \geq 85-DegreeC$  (Engine Standby)

The 1st (high) frequency impedance calculation routine following step 4610 is performed according to drawing 29 - drawing 31 .

[0081] Drawing 47 is the flow chart of the 2nd (low) frequency superposition processing in the impedance calculation routine of the sensor element concerning the 3rd operation gestalt of this invention. The step number of drawing 47 transposes 32 of double figures to 47 on the step number in drawing 32 , and inserts only step 4700 of drawing 47 between the judgment results NO of step 3201 of drawing 32 , and step 2901 of drawing 29 . Whether the deterioration amendment conditions of the sensor element 2 were satisfied like step 4603A which is the step to judge and shows drawing 46 whether step 4700 performs calculation of a low frequency impedance performs the judgment. At step 4700, it judges by whether all the above-mentioned deterioration amendment conditions were fulfilled, when the judgment result is YES, it progresses to step 4701, and when the judgment result is NO, this routine is ended.

[0082]

[Effect of the Invention] As explained above, the impedance of an air-fuel ratio sensor element can detect to accuracy, and, according to the control unit of the air-fuel ratio sensor of this invention, the control unit of the air-fuel ratio sensor which amends calculation of the air-fuel ratio from failure of an air-fuel ratio sensor, the judgment of an active state, and the output value of an air-fuel ratio sensor and aim temperature of an air-fuel ratio sensor element can offer according to this parameter by asking for the parameter which shows property change of an air-fuel ratio sensor element based on the detected impedance. Moreover, according to the above-mentioned parameter, amendment of the output value of the air-fuel ratio sensor according to secular change of an air-fuel ratio sensor can be performed, the precision of feed back control of air-fuel ratio can be improved, and aggravation of an engine's exhaust air emission can be

prevented. Furthermore, since it carries out adjustable [ of the element \*\*\*\*\* desired value of an air-fuel ratio sensor ] according to secular change of an air-fuel ratio sensor according to the above-mentioned parameter, the open circuit of a heater and the formation of a short life of an air-fuel ratio sensor element by fault temperature up can be prevented.

[0083] Moreover, since a filter constant and the setting-out period of the constant are changed according to the frequency of the alternating voltage impressed to an air-fuel ratio sensor element, and the convergence time amount of the alternating voltage according to the control unit of the air-fuel ratio sensor of this invention, the detection precision of the impedance of an air-fuel ratio sensor element can be improved.

[0084] Moreover, since the impression time amount of the alternating voltage impressed to an air-fuel ratio sensor element is shortened according to the control unit of the air-fuel ratio sensor of this invention, the detection time of the impedance of an air-fuel ratio sensor element can be shortened, the calculation impossible time amount of the air-fuel ratio detected from the current of an air-fuel ratio sensor at the time of direct-current-voltage impression can be shortened, and feed-back-control-of-air-fuel-ratio impossible time amount can be shortened.

[0085] Moreover, since according to the control unit of the air-fuel ratio sensor of this invention the impedance of low frequency is detected only when an impedance detection means is stabilized by the ambient atmosphere condition of an air-fuel ratio sensor element, the frequency where the impedance of low frequency is detected decreases and the time amount of an engine's feed back control of air-fuel ratio out of control can be shortened. Moreover, when an impedance detection means detects the impedance of low frequency according to the control unit of the air-fuel ratio sensor of this invention, Since warming up of the engine is carried out and he is considering stability of the ambient atmosphere condition of an air-fuel ratio sensor element as the time with little change of the rate of flow of exhaust air The detection precision of the impedance of low frequency can improve, deterioration of a sensor element and the reliability of an activity judging can be improved, and the amendment precision of the precision of an air-fuel ratio or the aim temperature of an air-fuel ratio sensor element computed at the time of low temperature until an air-fuel ratio sensor results in an active state can be improved.

[0086] The alternating current impedance of the air-fuel ratio sensor element which this invention impresses the alternating voltage of one frequency to an air-fuel ratio sensor element again, and carries out this frequency pair is detected, since the air-fuel ratio of detected gas is computed from a map according to the detected alternating current impedance, the computed air-fuel ratio becomes that by which the temperature request nature of the output of an air-fuel ratio sensor element was amended, and its detection precision of an air-fuel ratio improves. Moreover, since an allotropy child's impedance is activated with a larger value than the time of a new article when an air-fuel ratio sensor element deteriorates, the time amount which activation takes becomes brief, Air Fuel Ratio Control can begin at an early stage, and the emission at the time of engine start up also becomes good.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

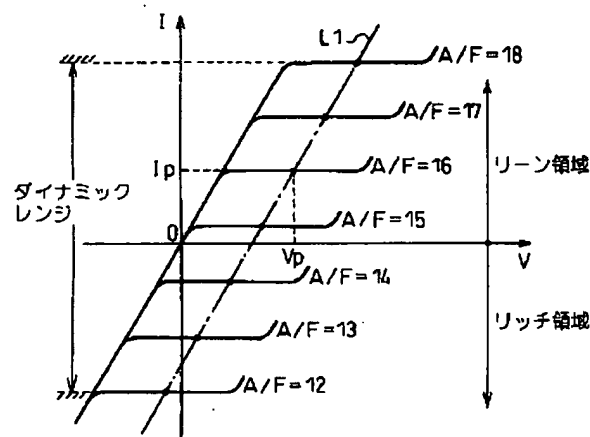
Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

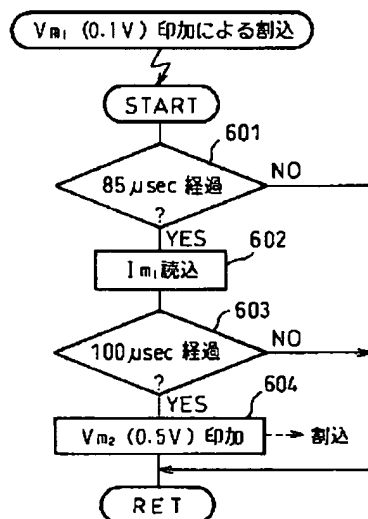
[Drawing 3]

図 3

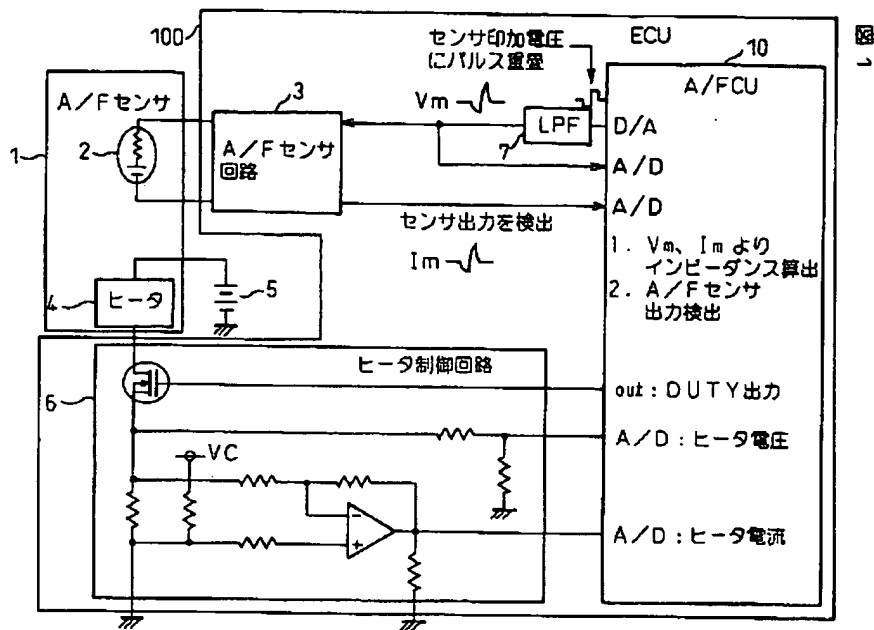


[Drawing 6]

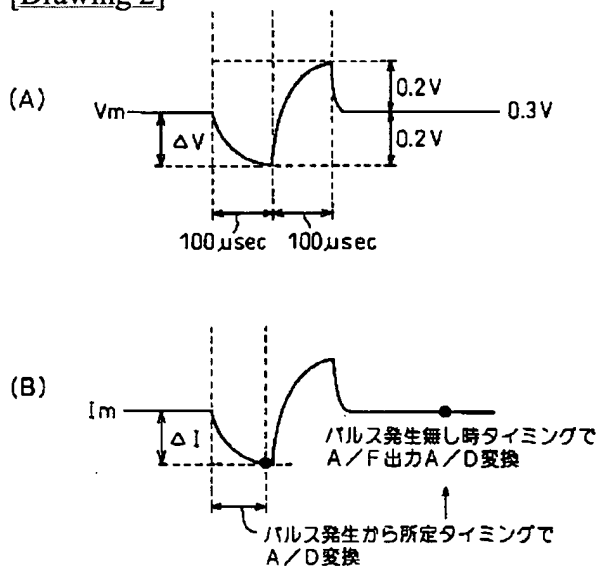
図 6



[Drawing 1]

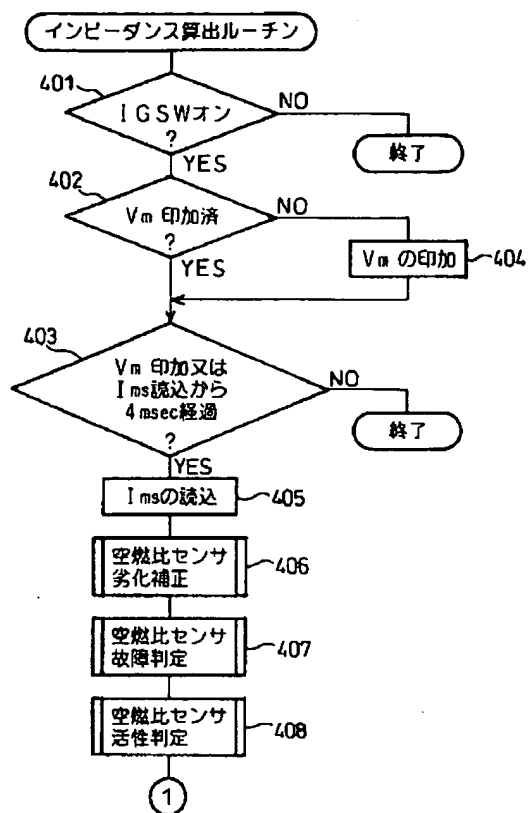


[Drawing 2]



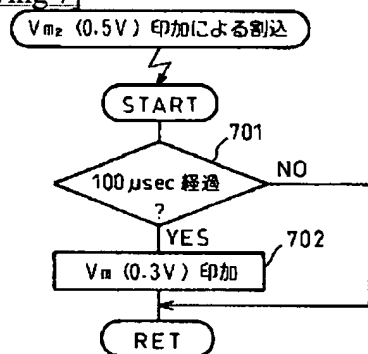
[Drawing 4]

図 4



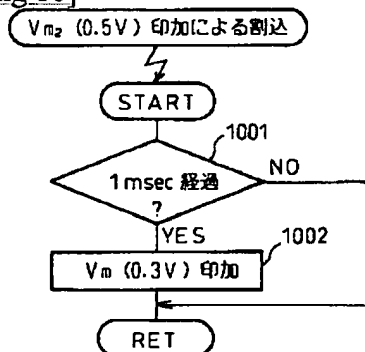
[Drawing 7]

図 7



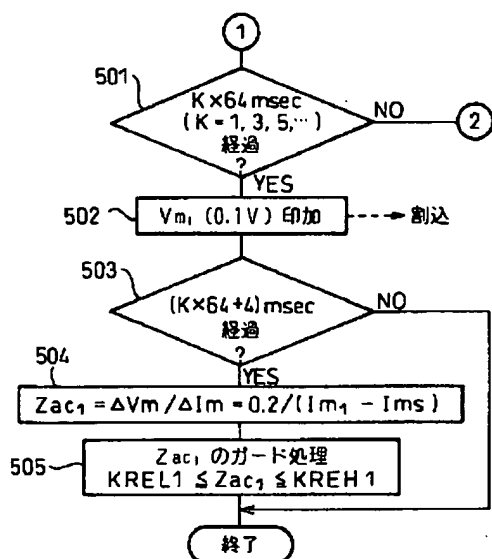
[Drawing 10]

図 10



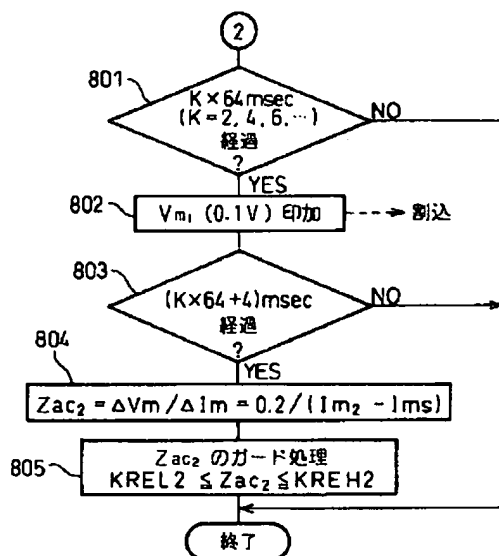
[Drawing 5]

図 5



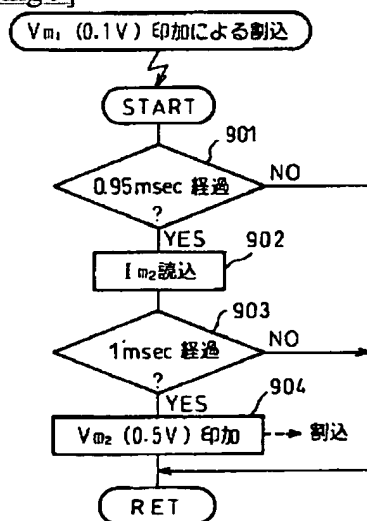
[Drawing 8]

図 8



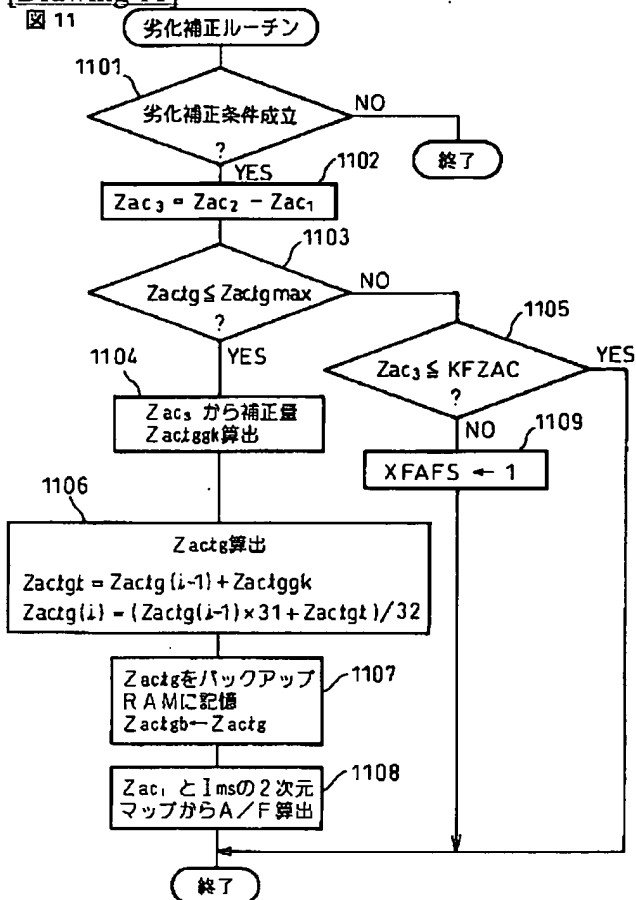
[Drawing 9]

図 9



[Drawing 11]

図 11



[Drawing 14]

図 14

Zac1 \ ms	-6mA	0mA	6mA
30Ω	13	14.5	18
40Ω	12	14.5	20
50Ω	11	14.5	21

[Drawing 12]

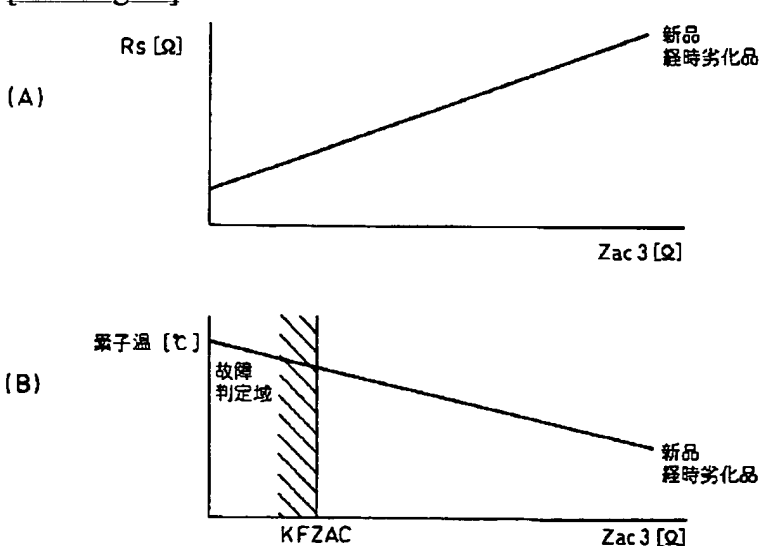


図 12

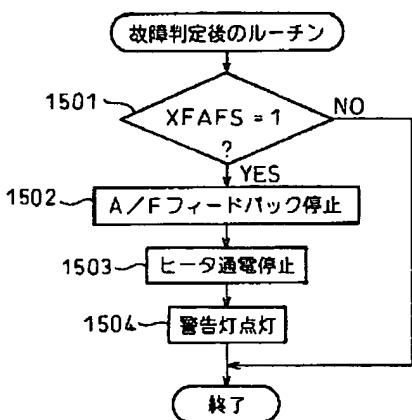
[Drawing 13]

図13

Zac3[Ω]	40	45	50	55	60
Zactggk[Ω]	2	0	0	0	-1

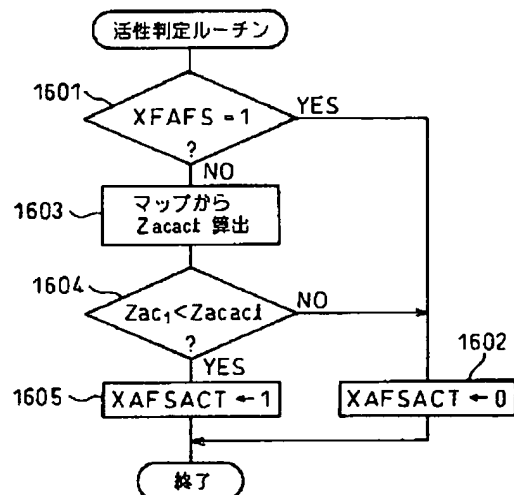
[Drawing 15]

図 15



[Drawing 16]

図 16



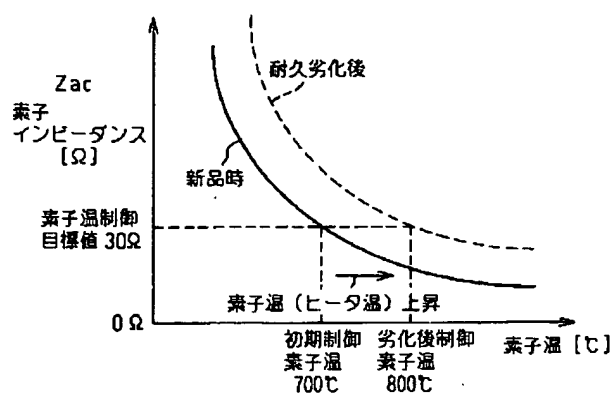
[Drawing 17]

図 17

Zactg[Ω]	20	25	30	35	40
Zacaci[Ω]	23	28	32	37	42

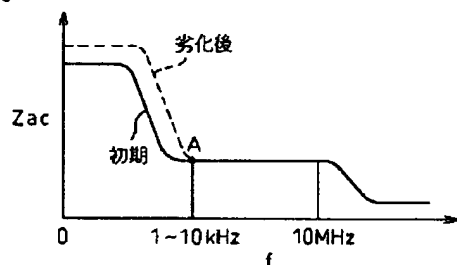
[Drawing 19]

図 19



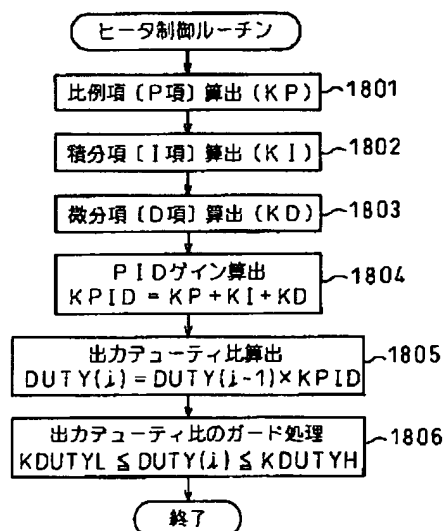
[Drawing 23]

図23



[Drawing 18]

図 18

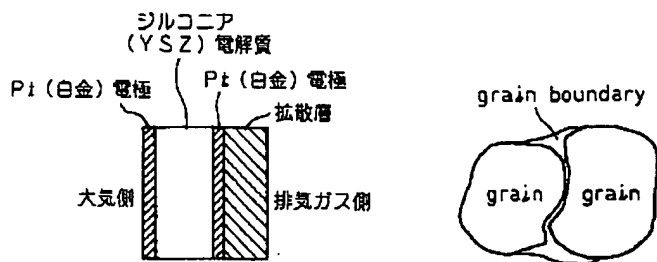


[Drawing 20]

図 20

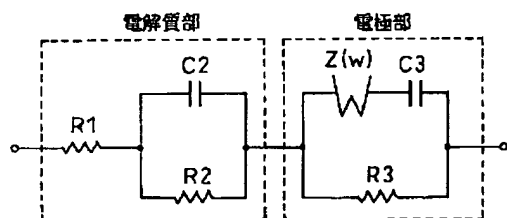
(A)

(B)



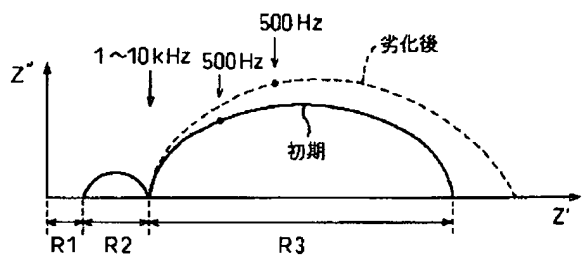
[Drawing 21]

図 21



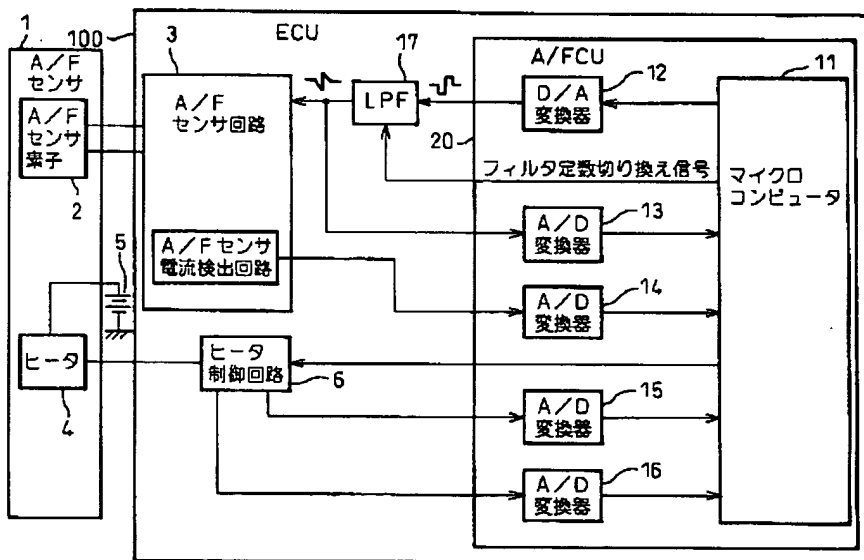
[Drawing 22]

図 22



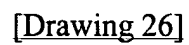
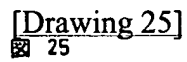
[Drawing 24]

図 24



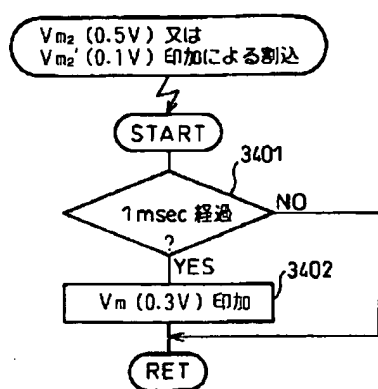
[Drawing 31]





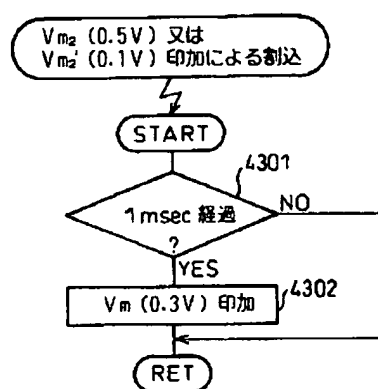
[Drawing 34]

図 34

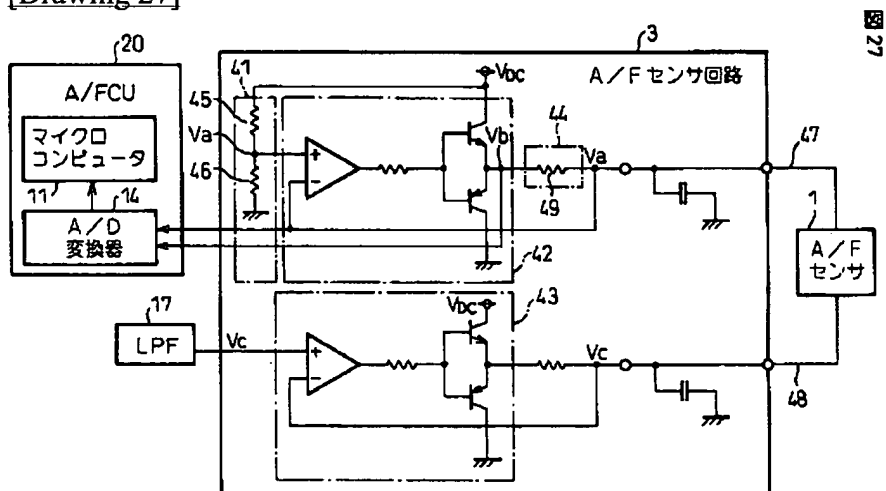


[Drawing 43]

図 43

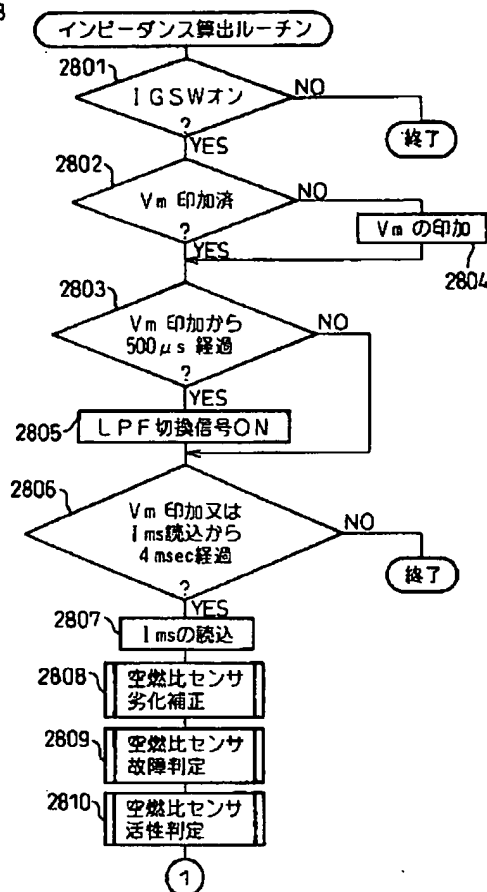


[Drawing 27]



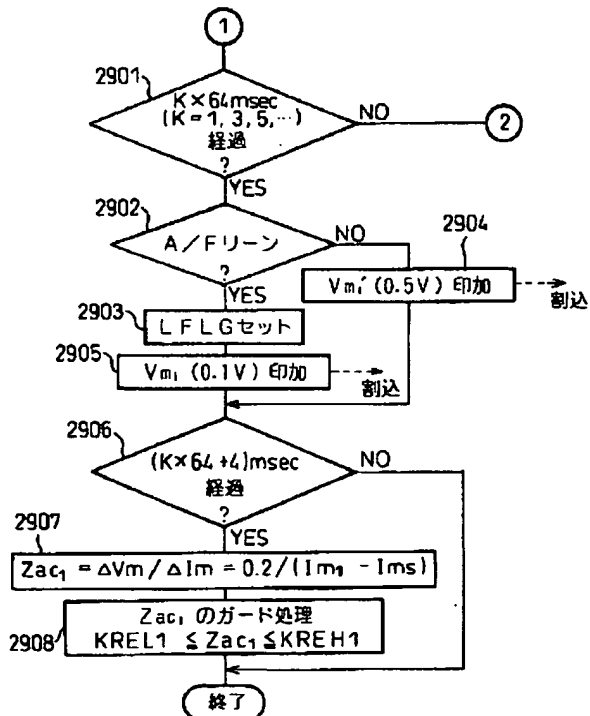
[Drawing 28]

図 28



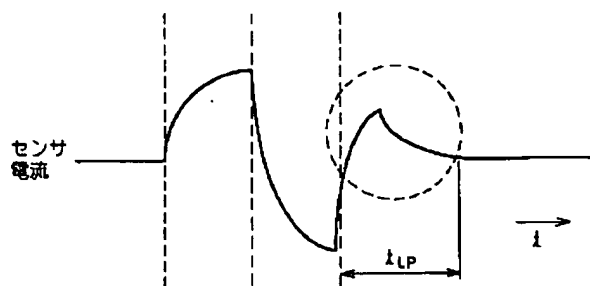
[Drawing 29]

図 29



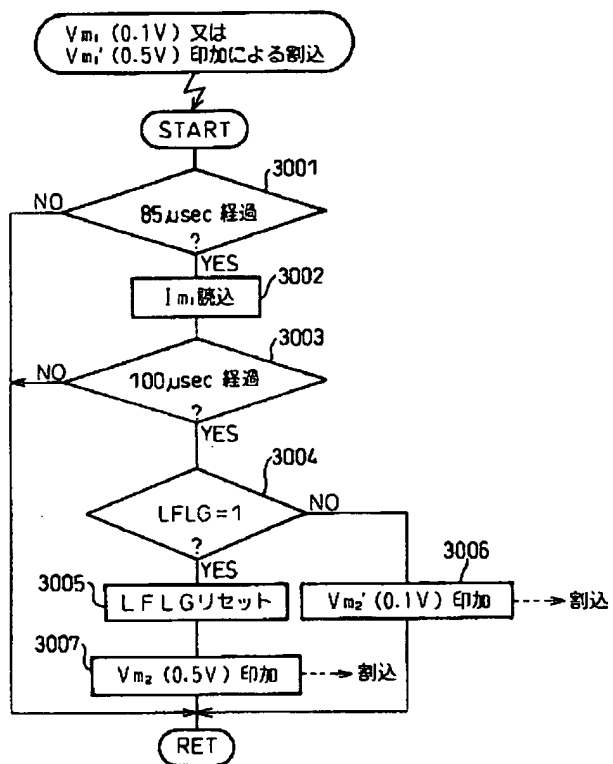
[Drawing 39]

図 39



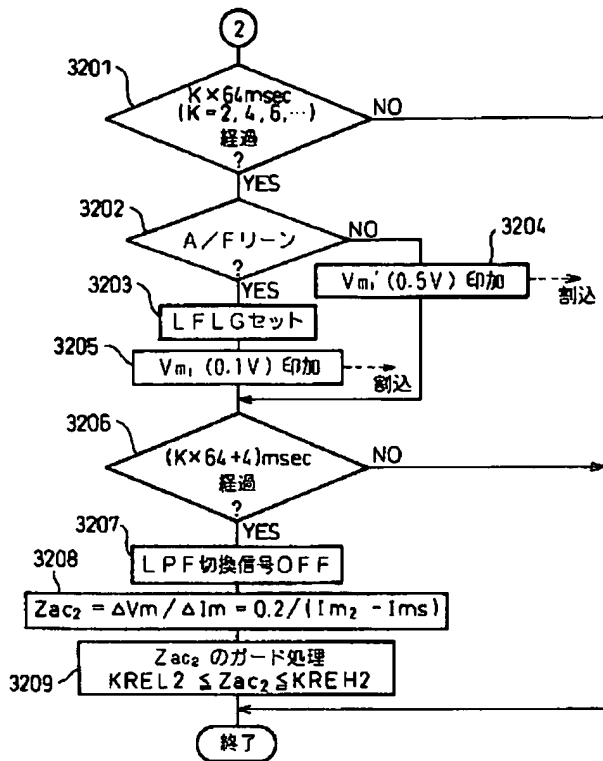
[Drawing 30]

図 30



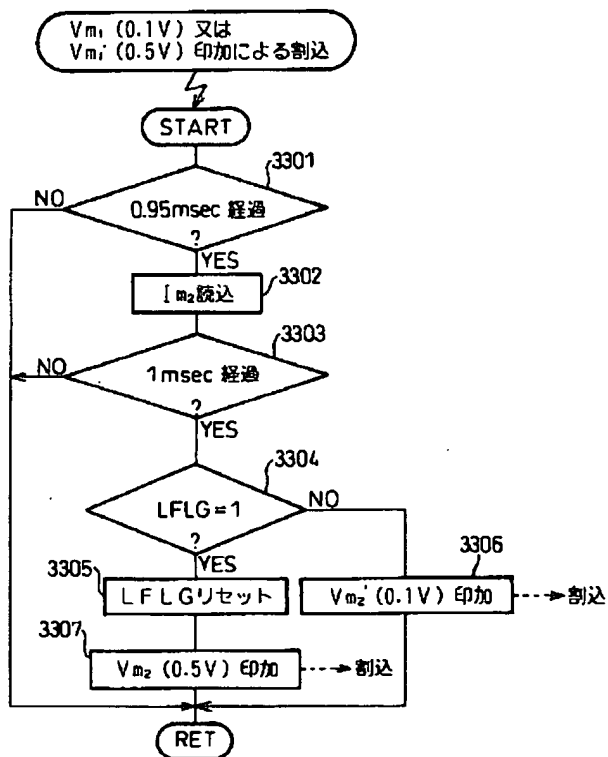
[Drawing 32]

図 32



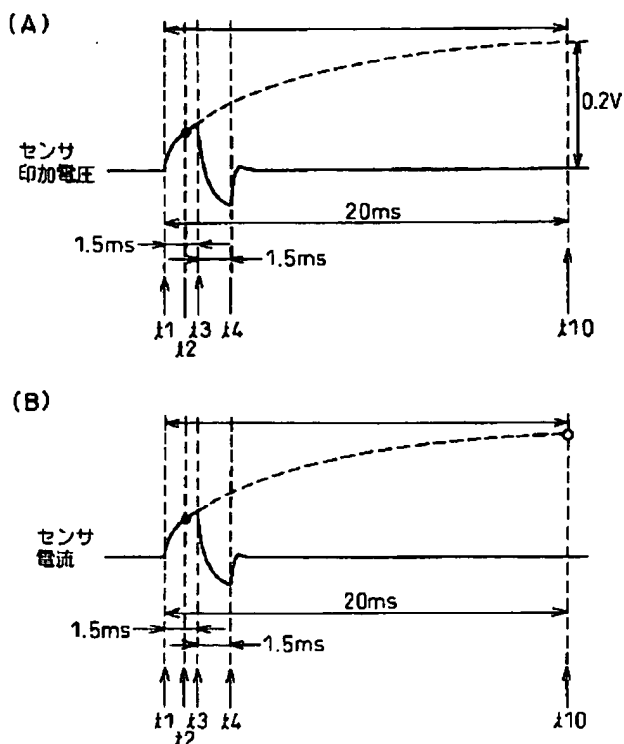
[Drawing 33]

図 33



[Drawing 36]

図 36



[Drawing 35]

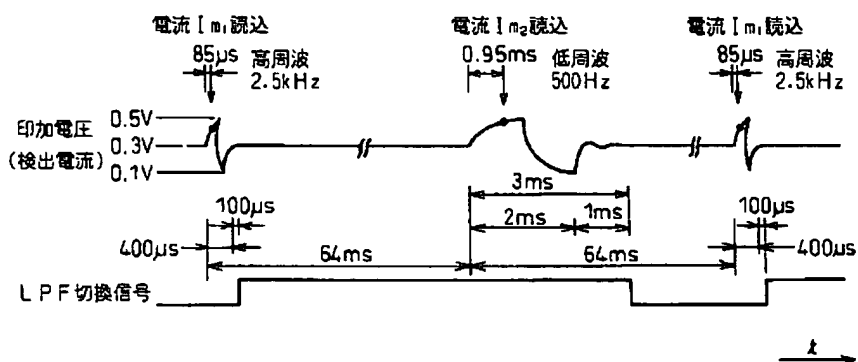
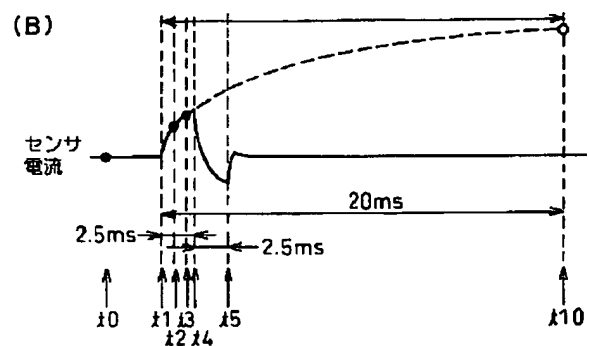
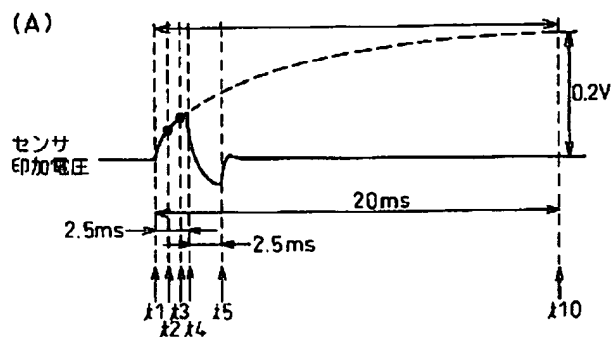


図 35

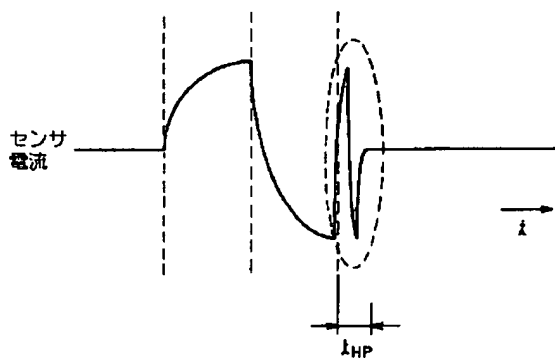
[Drawing 37]

図 37



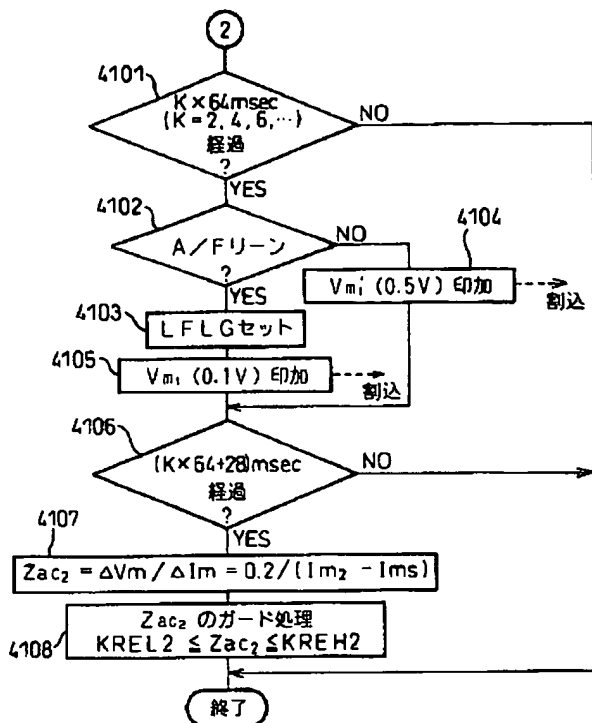
[Drawing 40]

図 40



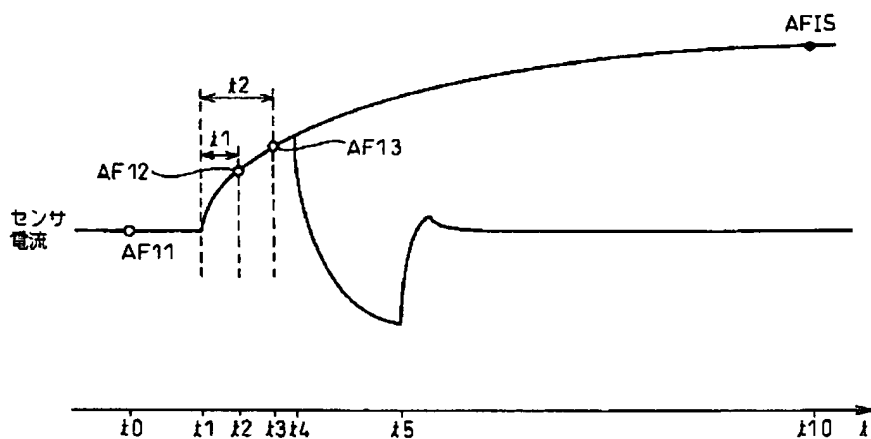
[Drawing 41]

図 41



[Drawing 38]

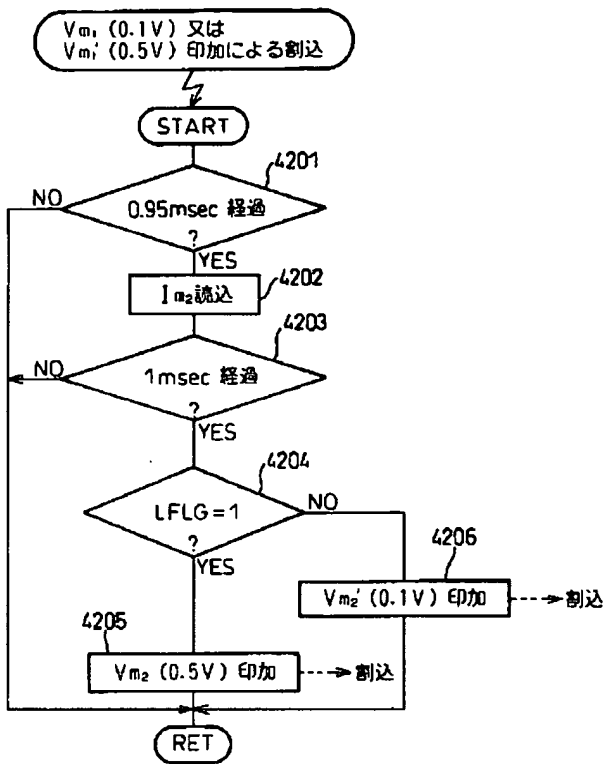
図 38



[Drawing 42]

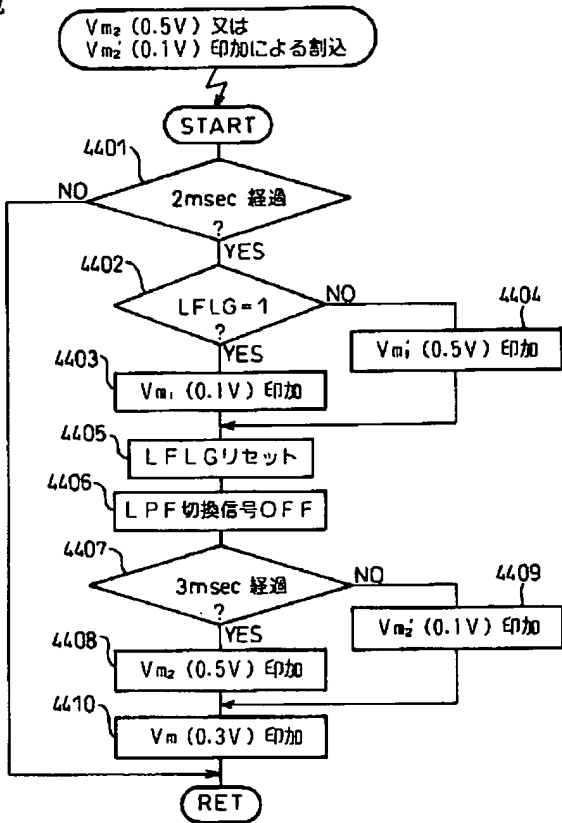


図 42



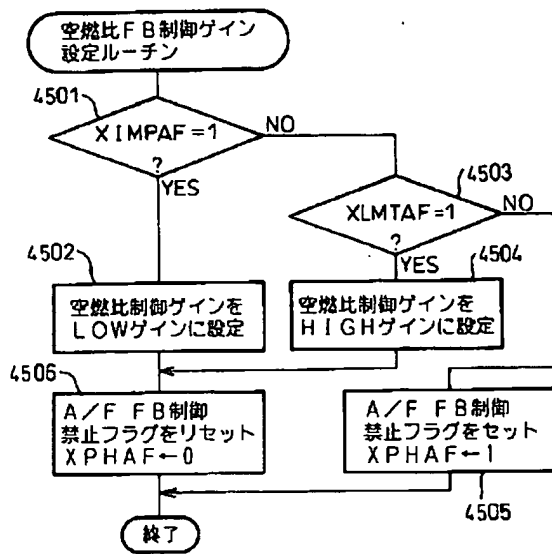
[Drawing 44]

図 44



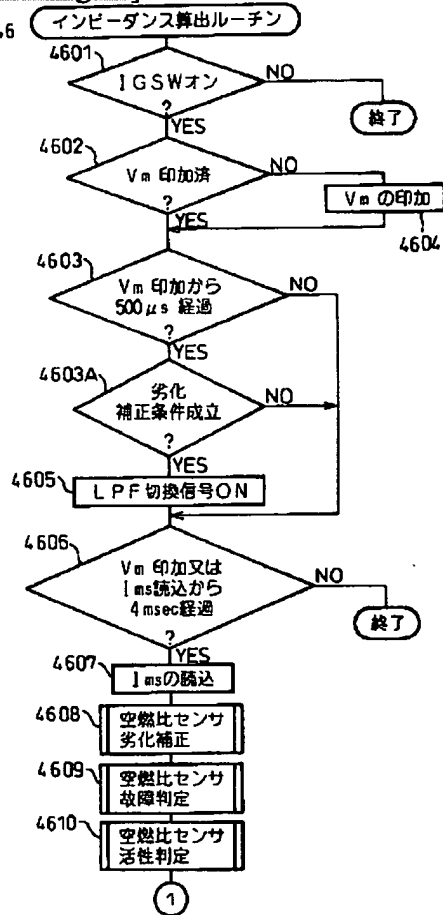
[Drawing 45]

図 45



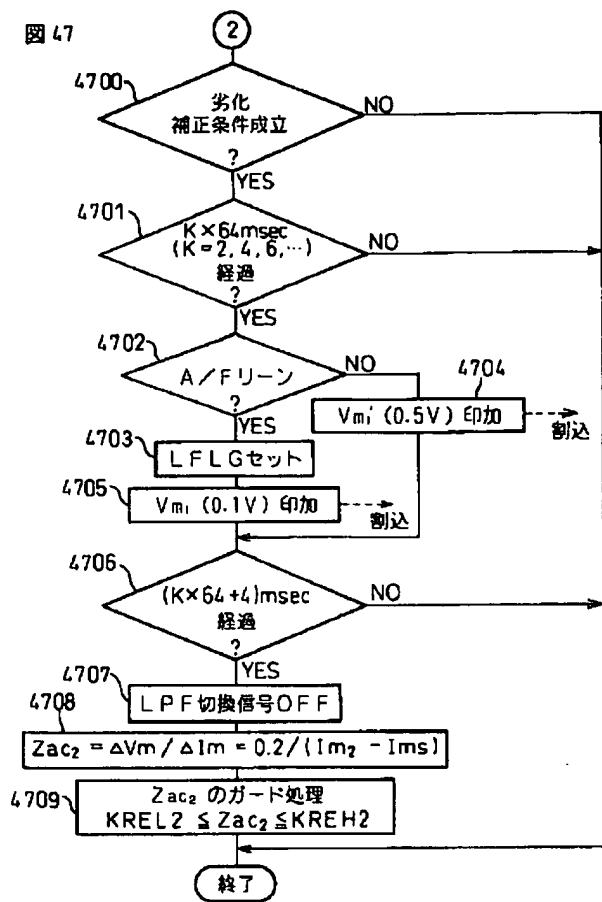
[Drawing 46]

図 46



[Drawing 47]

図 47



[Translation done.]